

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Návrh a vývoj mobilní webové aplikace využívající rozšířené reality
Bakalářská práce

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Martin Seidl
Osobní číslo:	I21224
Studijní program:	B0688A140009 Informační technologie
Téma práce:	Návrh a vývoj mobilní webové aplikace využívající rozšířené reality
Zadávající katedra:	Katedra informačních technologií

Zásady pro vypracování

Cílem bakalářské práce bude v teoretické části charakterizovat a popsat rozšířenou realitu a analyzovat její využitelnost v mobilních webových aplikacích. Součástí práce bude i přehled a analýza (vč. podpory ve webových prohlížečích) API použitelných při webovém vývoji pro umísťování digitálních objektů v obrazu reálného světa na displeji mobilního zařízení. Práce bude také zahrnovat přehled dostupných knihoven pro vývoj aplikací s rozšířenou realitou. Druhým cílem v praktické části bakalářské práce bude navrhnout a realizovat mobilní webovou aplikaci. Ta bude využívat identifikačních (např. QR kódy) či ločních (např. GPS v kombinaci s gyroskopem a akcelerometrem) bezdrátových technologií potřebných pro umísťování digitálních objektů na displeji zařízení. Mobilní webová aplikace umožní prostřednictvím rozšířené reality poskytovat uživatelům inovativní uživatelské rozhraní.

Rozsah pracovní zprávy: **min. 35 stran**
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- LINOWES, Jonathan a Krystian BABILINSKI. *Augmented Reality for Developers*. Birmingham: Packt, 2017. ISBN 978-1-78728-643-6.
- LANHAM, Micheal. *Learn ARCore – Fundamentals of Google ARCore*. Birmingham: Packt, 2018. ISBN 978-1-78883-040-9.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Kysela, Ph.D.**
Katedra informačních technologií

Datum zadání bakalářské práce: **15. prosince 2023**
Termín odevzdání bakalářské práce: **10. května 2024**

Ing. Zdeněk Němec, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

Ing. Jan Panuš, Ph.D. v.r.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. února 2024

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji:

Práci s názvem „Návrh a vývoj mobilní webové aplikace využívající rozšířené reality“ jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 10. 8. 2024

Martin Seidl v.r.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Kyselovi, Ph.D. za to, že mi umožnil na takto zajímavé práci v oboru rozšířené reality pracovat a poskytnul mi cenné rady. Zároveň bych chtěl poděkovat své rodině za podporu a trpělivost při vypracovávání této bakalářské práce.

ANOTACE

Tato práce se v teoretické části zaměřuje na charakterizaci rozšířené reality a její využitelnost v mobilních webových aplikacích. Součástí práce jsou i definice a pojmy související s mobilními a webovými aplikacemi. Hlavním bodem je popis dostupných technologií, knihoven a API pro zobrazování digitálních prvků v prostředí reálného světa a jejich podpora v běžně používaných internetových prohlížečích včetně popisu možností jejich použití v mobilních webových aplikacích.

V praktické části je popsán návrh a implementace mobilní webové aplikace využívající rozšířenou realitu. Součástí návrhu jsou UML diagramy, popis použitých knihoven a nástrojů, a popis architektury samotné aplikace.

KLÍČOVÁ SLOVA

rozšířená realita, digitální realita, webová aplikace, mobilní aplikace, ar.js, aframe, webgl, webxr, ar, xr, Web API

TITLE

Design and Development of a Mobile Web Application Using Augmented Reality

ANNOTATION

In theoretical part this work focuses on the characterization of augmented reality and its usability in mobile web applications. The work also includes definitions and terms related to mobile and web applications. The main point is the description of available technologies, libraries, and APIs for displaying digital elements in a real-world environment and their support in commonly used web browsers, including the description of possibilities for their use in mobile web applications.

The practical part describes the design and implementation of a mobile web application utilizing augmented reality. The design includes UML diagrams, a description of the libraries and tools used, and a description of the architecture of the application itself.

KEYWORDS

augmented reality, digital reality, web application, mobile application, ar.js, aframe, webgl, webxr, AR, XR, Web API

OBSAH

PROHLÁŠENÍ.....	4
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	10
SEZNAM TABULEK	11
TERMINOLOGIE	12
ÚVOD.....	13
1 Teoretický úvod do rozšířené reality	14
1.1 Definice rozšířené reality	14
1.2 Krátká historie.....	14
1.3 Klasifikace AR podle použití a technologií	16
1.3.1 Marker-based AR.....	16
1.3.2 Markerless AR	17
1.3.3 Location-based AR	17
1.3.4 Projection-based AR	18
1.3.5 Overlay AR	19
1.3.6 Outlining-based AR	19
1.4 Platformy a prostředí pro AR aplikace	20
1.4.1 Web AR	20
1.4.2 Application AR	20
1.4.3 Spatial AR (SAR)	20
1.5 Další typy digitálních realit.....	20
1.5.1 VR (Virtual Reality)	21
1.5.2 MR (Mixed Reality).....	21
1.5.3 XR (Extended Reality).....	21
1.6 Uplatnění AR v reálném světě	21
1.6.1 Zábava a volný čas.....	21

1.6.2	Obchod a podnikání	22
1.6.3	Doprava.....	22
1.6.4	Zdravotnictví.....	23
1.6.5	Technika a průmysl.....	24
2	Webové a mobilní aplikace.....	24
2.1	Webová aplikace.....	24
2.1.1	Webová stránka, nebo aplikace?.....	25
2.1.2	Kategorizace webových aplikací	25
2.2	Mobilní aplikace	27
2.2.1	Technologie mobilních aplikací.....	27
2.2.2	Typy mobilních aplikací	28
2.3	Mobilní webová aplikace.....	29
3	AR v mobilních webových aplikacích.....	32
3.1	Porovnání webové AR a mobilní AR	32
3.2	Využití a případy užití	33
3.2.1	Obchod a podnikání	33
3.2.2	Marketing a propagace.....	34
3.2.3	Virtuální prohlídky	35
3.3	Web API pro rozšířenou realitu	36
3.3.1	WebGL.....	36
3.3.2	WebXR Device API.....	37
3.4	Knihovny, nástroje a řešení	37
3.4.1	AFRAME.....	37
3.4.2	Three.js	38
3.4.3	AR.js	38
3.4.4	WebXR	39
3.4.5	Bezkódová řešení.....	39

4	Návrh a vývoj aplikace	40
4.1	Analýza	40
4.1.1	Nefunkční požadavky	40
4.1.2	Funkční požadavky	41
4.1.3	Use Case Diagram	42
4.2	Grafický layout aplikace	44
4.3	Použité technologie	49
4.3.1	Front-end	49
4.3.2	Back-end	50
4.3.3	Databáze	51
4.4	Struktura projektu	51
4.4.1	Models	51
4.4.2	Controllers	51
4.4.3	Views	52
4.4.4	AR služba	52
4.4.5	Další části	52
4.5	Testování	53
	ZÁVĚR	54
	POUŽITÁ LITERATURA	55

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Projekt „Damoklův meč“ [22].....	15
Obrázek 2 – Pohled přes první AR [22]	15
Obrázek 3 – Příklad použití AR v letadle [23]	15
Obrázek 4 – Příklad Marker-based AR [24]	16
Obrázek 5 – Příklad Markerless AR aplikace [25]	17
Obrázek 6 – Příklad Location-based AR [26]	18
Obrázek 7 – Příklad Projection-based AR [27]	18
Obrázek 8 – Příklad Overlay AR [28]	19
Obrázek 9 – Příklad Outlining-based AR [29]	20
Obrázek 10 – Ukázka ENVISION AR Navigation System [30]	23
Obrázek 11 – Zařízení AccuVein [31].....	23
Obrázek 12 – Příklad AR v automobilovém průmyslu [32].....	24
Obrázek 13 – Princip fungování SPA [Autor].....	26
Obrázek 14 – Princip fungování MPA [Autor]	26
Obrázek 15 – Aplikace FreeStyle LibreLink [33]	28
Obrázek 16 – Rozdíl mezi hybridní a nativní aplikací [34].....	29
Obrázek 17 - Vizualní rozdíl mobilní a webové aplikace [35].....	31
Obrázek 18 – AR testování kosmetiky od společnosti L'Oréal [36].....	33
Obrázek 19 – AR propagace nového vozu značky Toyota [37]	34
Obrázek 20 – Příklad AR v muzeu [38]	35
Obrázek 21 – Diagram případu užití [Autor].....	43
Obrázek 22 – Layout seznamu galerií [Autor]	44
Obrázek 23 – Layout zobrazení galerie [Autor]	45
Obrázek 24 – Layout přihlášení a registrace [Autor]	46
Obrázek 25 – Layout správy galerie [Autor]	47
Obrázek 26 – Layout editace/přidání záznamu [Autor].....	48

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Porovnání nativní a webové mobilní aplikace [Autor]	30
Tabulka 2 – Podpora WebGL v mobilních prohlížečích [16][17]	36
Tabulka 3 – Podpora WebXR v mobilních prohlížečích [18]	37
Tabulka 4 – Nefunkční požadavky aplikace [Autor]	40
Tabulka 5 – Funkční požadavky aplikace [Autor]	41
Tabulka 6 – Příklad HTML tagů [Autor]	49
Tabulka 7 – Překlad Tailwind tříd na CSS [Autor]	50
Tabulka 8 – Porovnání stejného příkazu v jQuery a JavaScriptu [Autor]	50
Tabulka 9 – Struktura kontroléru [Autor]	52

TERMINOLOGIE

Autentizace: Proces ověřování identity uživatele, často pomocí hesla, biometrie nebo dalších autentizačních metod.

Front-end: Část softwarového systému nebo webové aplikace, která je přístupná a interaktivní pro uživatele. Tato část je zodpovědná za prezentaci dat a uživatelské rozhraní.

Back-end: Část softwarového systému nebo webové aplikace, která není přímo viditelná pro uživatele a zpracovává logiku a data aplikace.

Konverzní poměr: Poměr mezi počtem konverzí (například prodejů) a počtem návštěv na webové stránce, což je důležitý ukazatel efektivity marketingových kampaní.

Headset: Zařízení nošené na hlavě, často sloužící k poslechu zvuku nebo k interakci s virtuální realitou.

Funkcionalita: Schopnost softwarového produktu nebo systému vykonávat určité operace nebo úkoly.

Komponenta: Samostatná část softwarového produktu, která má jasně definované rozhraní a může být použita opakovaně v různých částech aplikace.

2D grafika: Grafické zobrazení, které pracuje ve dvou rozměrech, například na rovině.

3D grafika: Grafické zobrazení, které pracuje ve třech rozměrech, umožňující vytváření a zobrazování objektů s hloubkou.

Herní engine: Software, který poskytuje základní funkcionality pro vývoj a provoz videohry, včetně grafiky, fyziky, umělé inteligence a dalších prvků.

Software: Programy a datové instrukce, které řídí činnost počítače a umožňují uživatelům provádět různé úkoly.

HTTP: Protokol pro přenos hypertextových dokumentů přes internet. Často používaný pro přenos webových stránek a dat mezi webovými servery a prohlížeči.

HTML: Značkovací jazyk pro vytváření struktury a obsahu webových stránek.

CSS: Kaskádové styly, jazyk používaný pro definici vzhledu a formátování webových stránek v HTML.

JavaScript: Skriptovací programovací jazyk, který se často používá pro interaktivitu a dynamiku na webových stránkách.

ÚVOD

Podle statistických údajů z webu Statista se počet aktivních uživatelů rozšířené reality od roku 2019 až zecťynásobil [1]. Díky tomu, že až 95 % současně prodávaných mobilních telefonů disponuje hardwarem potřebným k používání rozšířené reality [2], se zároveň tato technologie stává stále dostupnější pro běžné uživatele. Rozšířená realita (AR, Augmented Reality) má značný potenciál zejména v oblasti marketingu a obchodu, ale její uplatnění lze také nalézt i v herním a zábavním průmyslu. Současně je v dnešní době velmi populární vývoj webových aplikací, které společnosti často preferují před klasickými počítačovými, nebo mobilními aplikacemi ať už z finančních důvodů, nebo z hlediska uživatelské dostupnosti. Spojení webové mobilní aplikace s technologiemi AR je dnes poměrně snadné a dostupné řešení pro ty, kteří chtějí rychle a efektivně nabídnout uživatelům možnost zobrazit digitální objekty v reálném prostředí pohodlně skrze webový prohlížeč. Některé společnosti již tento přístup využívají ve svých internetových obchodech, reklamách nebo produktových prezentacích.

V teoretické části je na začátku důkladně popsán princip fungování rozšířené reality, její kategorizace, historie a uplatnění v reálném světě. V dalších částech jsou pak postupně popsány pojmy a technologie, které dále slouží pro lepší pochopení využitelnosti AR ve webových mobilních aplikacích. Čtenář se zde dozví, co to jsou mobilní aplikace a webové aplikace, jaké jsou mezi nimi rozdíly a jakými technologickými možnostmi disponují. Poslední část teoretické části se už primárně soustředí na spojení AR a webových aplikací včetně popisu technologií, knihoven a API, které jsou k tomu určeny.

V praktické části byla vytvořena mobilní webové aplikace využívající rozšířenou realitu, jejíž návrh a vývoj je zde popsán. Podrobně jsou zde rozepsány základní postupy návrhu včetně UML grafických nástrojů, popis a návrh grafického rozložení aplikace, popis struktury projektu a aplikační architektury a popis použitých technologií, které byly při vývoji použity.

Toto téma bylo vybráno z důvodu jeho blízkosti k autorovi. Autor se již řadu let zajímá o webové technologie a má praxi v tvorbě webových stránek a aplikací, především za pomoci jazyka PHP. S rozšířenou realitou se setkal už v minulosti v mobilních aplikacích a velmi se mu líbilo, jakým způsobem tato technologie maximalizuje uživatelský zážitek a dodává aplikaci nový rozměr. Autor se zajímal o to, jak se dá tato technologie implementovat v prostředí webového prohlížeče a jaké knihovny a API se k tomu používají, včetně možností vykreslování 3D objektů v obraze kamery mobilního telefonu.

1 Teoretický úvod do rozšířené reality

Rozšířená realita, už svým názvem naznačuje, čím se tato technologie zabývá. Principem této technologie je zobrazení virtuálních prvků v prostředí reálného světa. Na první pohled tato myšlenka může působit poněkud mysticky, ale ve skutečnosti se jedná o technologii, která umožňuje uživatelům vidět různé virtuální objekty přímo ve svém okolí pomocí zobrazovacího zařízení, ať už se jedná o projektor nebo kameru mobilního telefonu. Lze si to představit jako speciální brýle, pomocí kterých můžeme v našem světě potkat postavy ze známých her, filmů a seriálu nebo pozorovat, jak některá místa kolem nás vypadala v minulosti.

1.1 Definice rozšířené reality

Formálně lze AR definovat jako interaktivní technologii, která uživateli umožňuje vnímat okolní svět doplněný o digitální prvky, jako jsou zvuky, text, obrázky a 3D modely prostřednictvím speciálních zařízení.

Obecnější definice rozšířené reality, která není vázána ke specifickému typu zařízení je od počítačového vědce Ronalda Azumi z roku 1997. Podle něj je rozšířená realita definována jako systém, který má následující tři charakteristiky:

1. Kombinuje reálné a virtuální
2. Interaktivní v reálném čase
3. Registrované ve 3D (Objekty jsou prostorově zarovnané) [3]

1.2 Krátká historie

Historie AR rozhodně není pouze historií posledních několika let. První technologie experimentující s konceptem rozšířené reality vznikaly již v 70. letech minulého století. První pokus o rozšířenou realitu byl realizován počítačovým vědcem a průkopníkem počítačové grafiky Ivanem Sutherlandem, který již v roce 1968 dokázal pomocí speciálního headsetu zobrazovat digitální prvky v reálném prostředí. Tento projekt nesl název „The Sword of Damocles“, neboli „Damoklův meč“.



Obrázek 2 – Pohled přes první AR [22]



Obrázek 1 – Projekt „Damoklův meč“ [22]

V roce 1990 byla tato technologie poprvé označena výzkumníky ze společnosti Boeing jako „Rozšířená Realita“. Během devadesátých let byla rozšířená realita primárně používána v oblasti letectví a v armádě. Využití našla například při opravách leteckých strojů, kde pomohla mechanikům lokalizovat součásti letounů, nebo v bojové technice pro lepší orientaci v prostoru a zaměřování cílů.



Obrázek 3 – Příklad použití AR v letadle [23]

V uplynulých letech se AR technologie mohutně rozšířila, a to především po příchodu chytrých telefonů. Dnes je AR hojně využívána v mobilních aplikacích, hrách, webových aplikacích, informačních tabulích, televizních pořadech nebo třeba učebních pomůckách.

1.3 Klasifikace AR podle použití a technologií

1.3.1 Marker-based AR

Je typ rozšířené reality, který využívá značky neboli markery k umístění digitálního obsahu. Tyto značky mohou být specificky navrženy pro tuto funkčnost, jako jsou QR kódy, speciální obrazové značky, nebo mohou působit přirozeně, jako například etikety a vizitky.

Virtuální obsah Marker-based AR je vázán na marker. To znamená, že umístění digitálních prvků závisí na poloze markeru. Ve většině případů se zážitek zobrazí nad markerem a bude se pohybovat spolu s markerem, když se otáčí nebo rotuje [4].

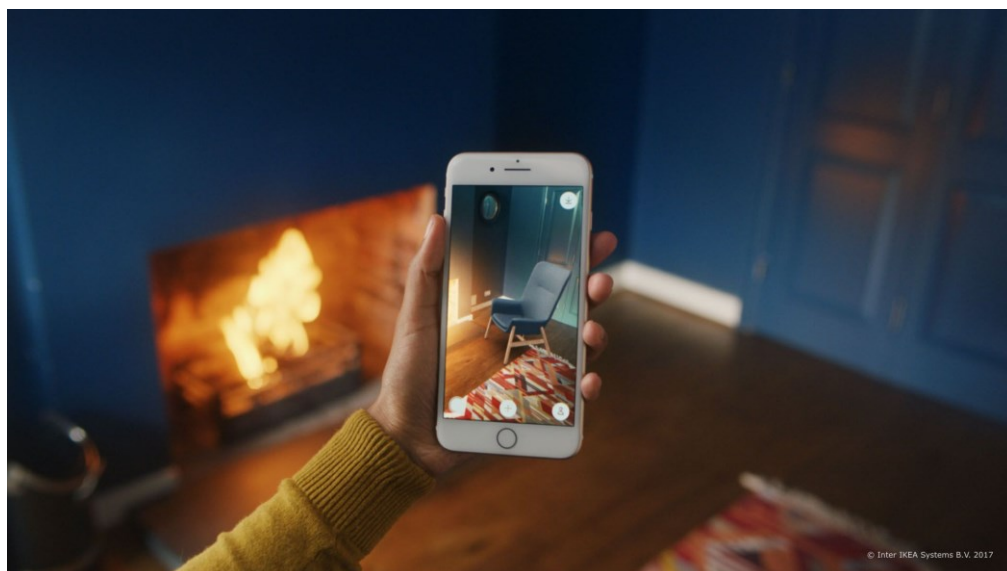
Jednou z hlavních výhod tohoto řešení je jeho přesnost umísťování digitálních prvků. Díky markerům může software, který obstarává umístění digitálního objektu, přesně určit a sledovat jeho polohu v reálném světě. Zároveň je jednodušší na implementaci a použití.



Obrázek 4 – Příklad Marker-based AR [24]

1.3.2 Markerless AR

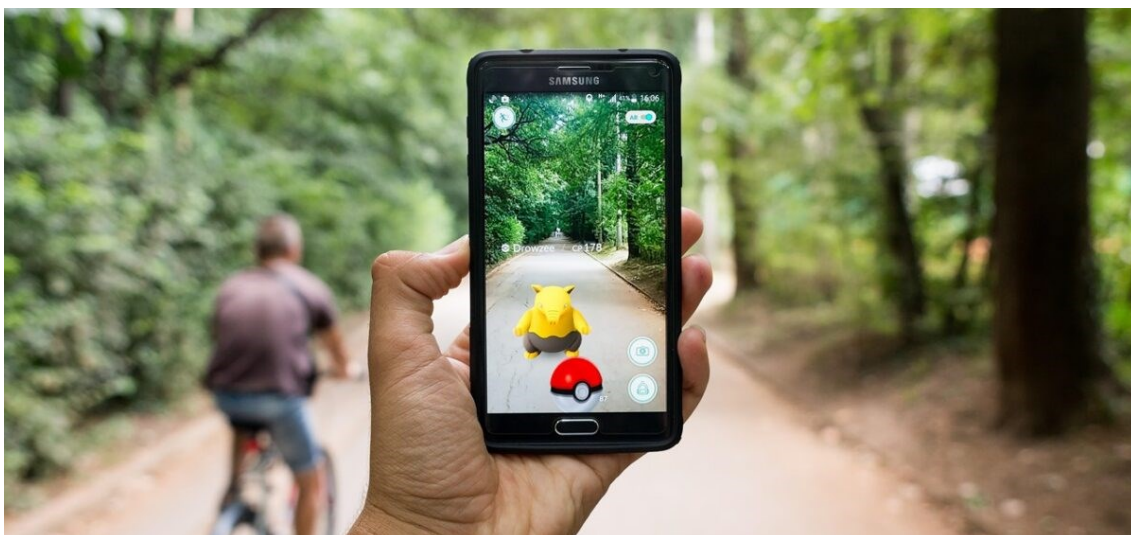
Za pomoci kamery, akcelerometru a gyroskopu rozpozná reálné okolní prostředí a jeho parametry. Cílem tohoto skenování je nalézt plochý povrch pro umístění digitálních prvků. Tento povrch zpravidla bývá například podlaha, trávník, zeď, nebo stůl. Po nalezení vhodného povrchu jsou na něj ručně, nebo automaticky umísťovány digitální objekty tak, aby byli v reálném prostředí přirozeně začleněny.



Obrázek 5 – Příklad Markerless AR aplikace [25]

1.3.3 Location-based AR

Primárně využívá GPS, akcelerometr, digitální kompas a další technologie pro přesné určení polohy zařízení. Aplikace využívající tento způsob rozšířené reality nejprve musí zjistit informace o poloze zařízení daného uživatele. Tyto informace slouží k výběru bodů zájmu na základě různých parametrů, především vzdálenosti. Tyto body zájmu se pak vykreslují přes obraz kamery v podobě virtuálních objektů a značek, a uživatel pak může ve svém okolí sledovat různé virtuální objekty, aniž by musel cokoliv skenovat.



Obrázek 6 – Příklad Location-based AR [26]

1.3.4 Projection-based AR

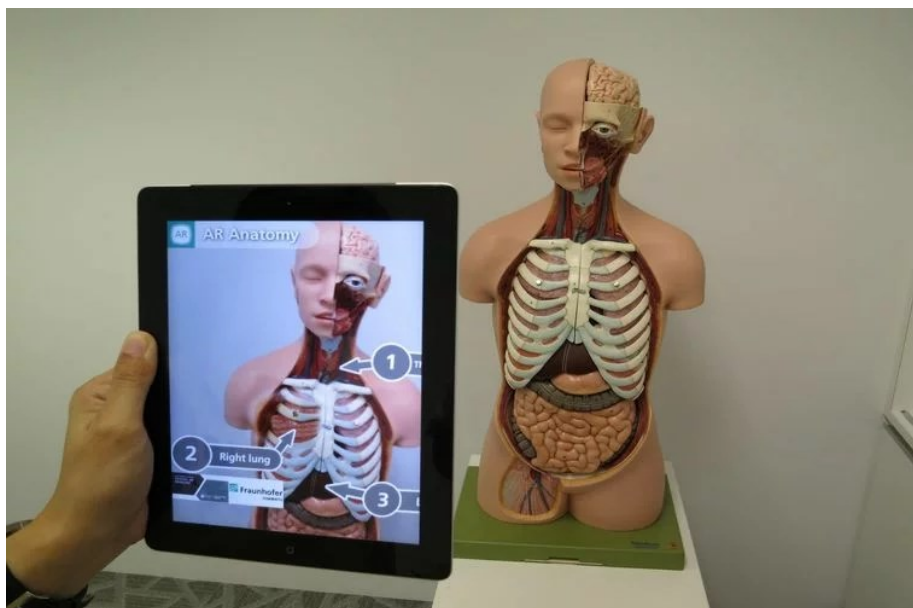
Už název naznačuje, že se jedná o projekci v plném slova smyslu. Tato technologie využívá projektory k zobrazení digitálního obsahu na fyzické objekty ve světě. Na rozdíl od jiných typů AR nevyžaduje žádné složité softwarové řešení ani zařízení ve formě mobilního telefonu nebo headsetu, protože nemusí překrývat digitální obraz reálného světa virtuálními objekty, ale přímo projektuje obrazy na fyzické objekty, jako jsou například domy, parkoviště nebo učební pomůcky.



Obrázek 7 – Příklad Projection-based AR [27]

1.3.5 Overlay AR

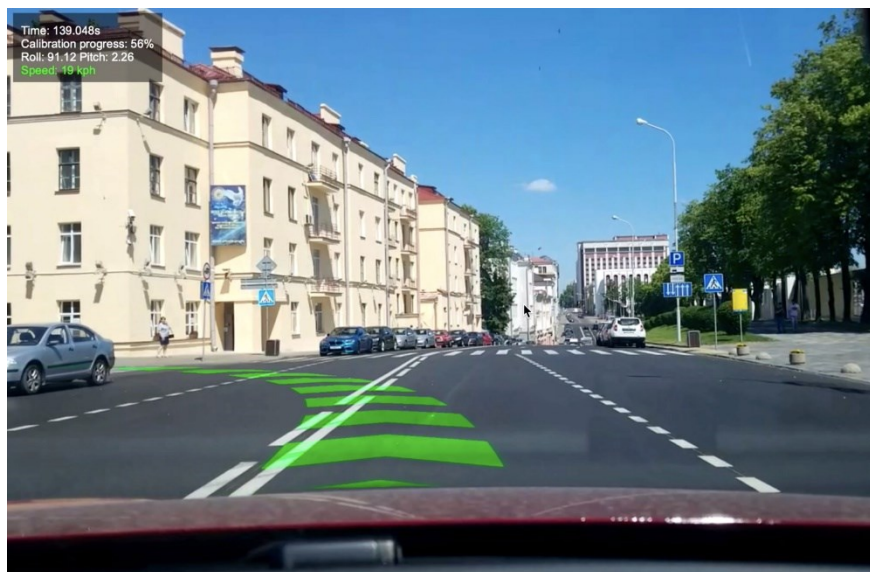
Tato technologie nemá za cíl přímo zasahovat do obrazu reálného světa, ale spíše jej pouze doplnit o podstatné virtuální prvky a informace. Skrz kameru zařízení je tedy vidět reálný svět bez větších digitálních zásahů, ale mohou se v obraze vyskytovat jiné prvky s cílem předat uživateli nějaké podstatné informace o reálných objektech. Takový typ AR je pravděpodobně více využitelný v headsetech využívajících virtuální realitu, kde se na popředí reálného světa mohou promítat informace, které jsou pro uživatele podstatné.



Obrázek 8 – Příklad Overlay AR [28]

1.3.6 Outlining-based AR

Tato technologie má primárně za cíl uměle zvýrazňovat obrysy objektů v reálném světě, které například nejsou příliš dobře viditelné, nebo na základě těchto obrysů vykreslovat virtuální prvky. V současné době je tato technologie široce využívána při vývoji autonomních vozidel pro detekci dopravních značení, silničních pruhů apod. Specifickým příkladem může být detekce překážek při snížené viditelnosti, kdy řidič couvá se svým automobilem a v reálném čase se na obrazovce parkovací kamery vykreslí hrany obrubníků, nebo jiných překážek.



Obrázek 9 – Příklad Outlining-based AR [29]

1.4 Platformy a prostředí pro AR aplikace

1.4.1 Web AR

Tato technologie umožňuje uživateli využívat AR bez toho, aniž by byl nucen k stahování konkrétní aplikace, stačí mu k tomu pouze webový prohlížeč a zařízení, které podporuje technologii AR. Detaily, výhody a nevýhody této platformy budou podrobněji popsány v dalších kapitolách.

1.4.2 Application AR

Dodnes jeden z nejrozšířenějších způsobů používání AR je skrze tuto platformu. Jedná se o využití AR technologie v mobilních aplikacích, které se na rozdíl od Web AR musí do mobilního zařízení stáhnout a nainstalovat a zároveň být kompatibilní s určitým typem operačního systému, ať už se jedná o Android, iOS (Apple), nebo jiné.

1.4.3 Spatial AR (SAR)

Prostorová rozšířená realita (Spatial Augmented Reality) rozšiřuje reálné objekty a scény bez použití speciálních displejů, jako jsou monitory, headsety nebo přenosné zařízení, místo toho využívá digitální projektory k zobrazení grafických informací na fyzické objekty [5].

1.5 Další typy digitálních realit

Kromě již popsané rozšířené reality (AR) existují další typy realit, které se liší svým využitím, fungováním i technologií k nim uzpůsobenou.

1.5.1 VR (Virtual Reality)

Je simulované trojrozměrné prostředí, které je plně digitální a na rozdíl od AR se v něm nevyskytují žádné reálné prvky z okolního světa daného uživatele. VR má za cíl přesvědčit smysly a vjemy uživatele o tom, že se v simulovaném prostředí skutečně nachází a uživatel interaguje s tímto prostředím pomocí speciálních zařízení jako jsou brýle, headsety nebo obleky.

Tato technologie je velice oblíbené u her, ve kterých je svět navržený tak, aby měl hráč díky VR ze hry maximální užitek. Mohou to být různé pohybové hry, kde se prochází bludištěm a překážkami, bojové hry nebo také hororové hry. VR u her může být čistě obrazové, takže hráč stále používá klasické ovládací periférie (klávesnice, myš, herní ovladač) a místo monitorů má VR brýle, nebo může být do ovládání zapojené celé tělo člověka pomocí speciálních ovladačů, pohybových senzorů a pohybových platforem.

1.5.2 MR (Mixed Reality)

Spojuje technologie VR a AR takovým způsobem, že uživatel je schopen se pohybovat a orientovat v reálném světě do kterého se mu promítají digitální prvky (podobně jako u AR). S těmito digitálními prvky může uživatel aktivně integrovat stejným způsobem jako u VR.

1.5.3 XR (Extended Reality)

Extended Reality je kolektivní termín, který se odkazuje na imersní technologie, včetně virtuální reality, rozšířené reality a smíšené reality [6].

1.6 Uplatnění AR v reálném světě

1.6.1 Zábava a volný čas

V oblasti zábavy se již AR hojně využívá, a to zejména v mobilních hrách a aplikacích, které díky této technologii umožňují uživatelům lepšížitky nebo funkcionality.

Tuto technologii si také osvojily sociální sítě ve svých aplikacích ve formě vizuálních filtrů, které člověku nebo skupině lidí nějakým zajímavým, nebo vtipným způsobem doplní k tváři digitální obsah ve formě různých pokrývek hlavy, brýlí, vousů, make-upu apod.

Dalším odvětvím, které již AR používá je sport. Bez ohledu na to, jestli se jedná o lední hokej, fotbal, nebo tenis je AR ve video přenosu sportovních akcí velice využíváno, a to hlavně pro informace o hře a jejich pravidlech a samozřejmě také pro reklamní účely.

1.6.2 Obchod a podnikání

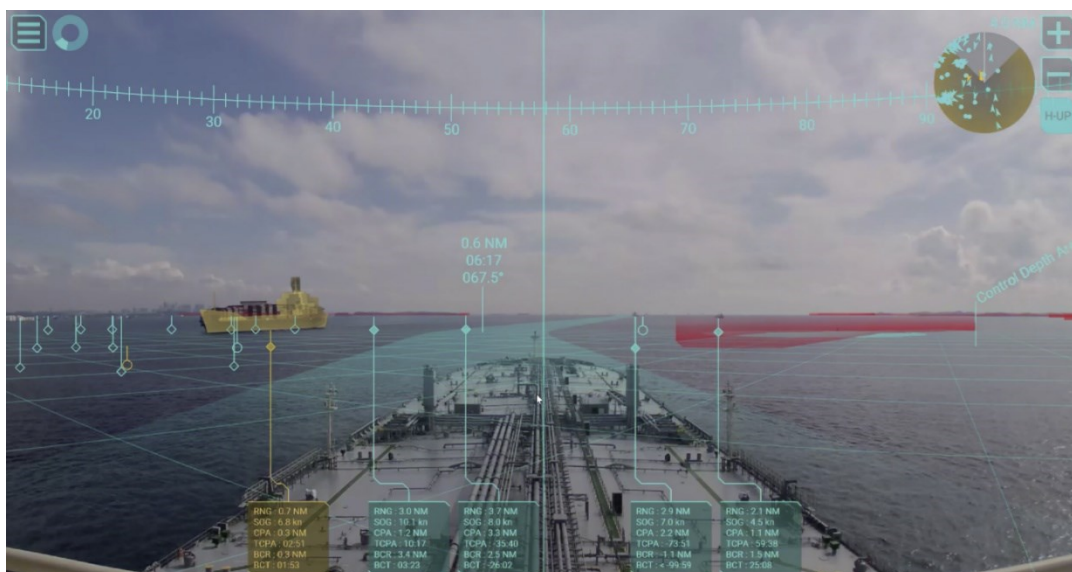
Z hlediska obchodu a nabídky zboží zákazníkovi si AR také našlo své uplatnění. Muže být využito v kamenných obchodech, nebo skladech pro zjišťování informací a parametrů zboží, které by se v klasické tištěné formě hůř zobrazovaly. Příkladem by mohl být obchod s elektronikou, kde po načtení nějaké značky, třeba QR kódu, se u produktu zobrazí kompletní přehled parametrů, jako je energetická úspora, rozlišení, rozměry apod.

Asi nejzajímavějším a pravděpodobně i nejužitečnějším způsobem využití AR v obchodování je jeho integrace do e-shopů. Obchodování přes internet totiž přináší jistá rizika a jedno z nich je neodhadnutí správných rozměrů a stylu při nakupování nějakého zboží. Situace, kdy si zákazník objedná nábytek a ten mu rozměrově, nebo dekoračně absolutně nezapadá do jeho interiéru nebo když si zákazník pořídí nové sluneční brýle ve kterých nakonec nevypadá dobře, jsou přesně tím důvodem, proč některé internetové obchody začaly svým zákazníkům umožňovat manipulaci s jejich produkty přes rozšířenou realitu. Zákazník si tak může otestovat, jak by nové křeslo vypadalo v jeho obývacím pokoji nebo jestli by mu chtěné sluneční brýle opravdu slušely.

1.6.3 Doprava

V dopravě se dají AR technologie využít především pro navigační systémy a pro získávání informací z okolního prostředí daného dopravního prostředku.

Například u lodní dopravy jsou AR navigační systémy zaměřeny především na orientaci v okolním prostředí. Dokážou zvýrazňovat objekty a překážky jako jsou ostrovy, ledovce, nebo i jiné lodě. Zároveň pomocí geolokačních technologií jsou schopny obsluhujícího uživatele informovat o nedalekých přístavech, lodích, lodních trasách, teritoriálních vodách a dalších informacích. Jedním z projektů, který se tímto zabývá je například ENVISION AR Navigation System od společnosti FURUNO.



Obrázek 10 – Ukázka ENVISION AR Navigation System [30]

1.6.4 Zdravotnictví

Rozšířená realita ve zdravotnictví má velký potenciál, ale zatím se s touto technologií stále experimentuje. Do budoucna by však AR ve zdravotnictví mohla pomoci při operacích, zjišťování diagnóz, kontrole pacientů, nebo při rutinních lékařských úkonech.

„Třináct ortopedických chirurgů ze švýcarské univerzitní kliniky provedlo 25 ortopedických chirurgických zákroků s nasazenými holografickými AR headsety, které poskytovaly doplňkové trojrozměrné, pacientem specifické anatomické informace [7].“

Příkladem zajímavého využití AR v lékařství je i zařízení od startupu AccuVein. Jedná se o ruční skener, který po namíření na paži dokáže nalézt pacientovi žíly pro případný vpich injekční jehly. Toto zařízení je schopno usnadnit práci zdravotnímu personálu a zlepšit lékařské podmínky pacientů.



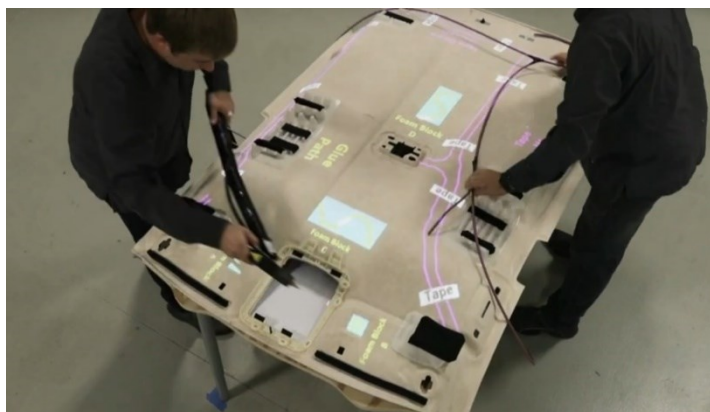
Obrázek 11 – Zařízení AccuVein [31]

1.6.5 Technika a průmysl

AR je velkým pomocníkem v průmyslu, a to hlavně při výrobě, kontrole a údržbě. Díky této technologii může být zlepšena produktivita a kvalita výroby napříč různými odvětvími od automobilového průmyslu až po letecký a zbrojařský průmysl.

Momentálně jsou v průmyslu používány 3 hlavní typy virtuálních realit:

1. Tablet AR – rozšířená realita pomocí zařízení jako jsou tablety a mobilní telefony
2. Wearable AR – využívání speciálních brýlí, nebo headsetů
3. Projection-based AR – virtuální prvky jsou projektovány pomocí projektorů



Obrázek 12 – Příklad AR v automobilovém průmyslu [32]

2 Webové a mobilní aplikace

„Aplikační software (aplikace) je druh softwaru, který vykonává specifické funkce pro koncového uživatele tím, že s ním přímo interaguje. Hlavním účelem aplikačního softwaru je pomáhat uživateli při vykonávání určitých úkolů. [8]“

Aplikace je pouze jednou z mnoha oblastí softwarové klasifikace. Tato kapitola se bude především věnovat konkrétním typům aplikací, jejich využití, rozdílům, výhodám a nevýhodám.

2.1 Webová aplikace

Webová aplikace je typ aplikace, která je spuštěna v prostředí webového prohlížeče. Pro použití webové aplikace není většinou potřeba na zařízení stahovat a následně instalovat žádný software, jelikož veškerý obsah a funkcionality jsou zpravidla dostupné online.

2.1.1 Webová stránka, nebo aplikace?

Někdy mohou vzniknout nejasnosti mezi pojmy webová aplikace a webová stránka, což může vést k mnoha nedorozuměním. Byť se může zdát, že se tyto pojmy zabývají jednou a tou samou věcí, tak existují zásadní rozdíly v tom, co označují.

Webová stránka má za úkol jejímu uživateli (nebo spíš návštěvníkovi) předat nějaké informace. Zpravidla bývá statická, takže její obsah není interaktivní a uživatel do něj nemůže zasahovat a ani používat žádné speciální funkce. Jako webové stránky se klasifikují jednoduché blogy, prezentační stránky, webová portfolia, úvodní stránky společností nebo jednoduché e-shopy.

Webová aplikace, jak již bylo zmíněno, se zabývá poskytováním nějakých služeb uživateli. Je dynamická, což znamená, že obsahuje ovládací prvky a funkce, se kterými uživatel může pracovat. Příkladem webové aplikace může být rezervační systém restaurace. Ten totiž neslouží jen jako informativní prvek, ale uživatel může pomocí ovládacích prvků měnit určité parametry, jako je číslo stolu, počet osob, datum rezervace apod.

Jednou výstižnou větou by se rozdíl mezi webovou stránkou a webovou aplikací dal charakterizovat takto: „*Webová stránka informuje a webová aplikace pomáhá.* [9]“

2.1.2 Kategorizace webových aplikací

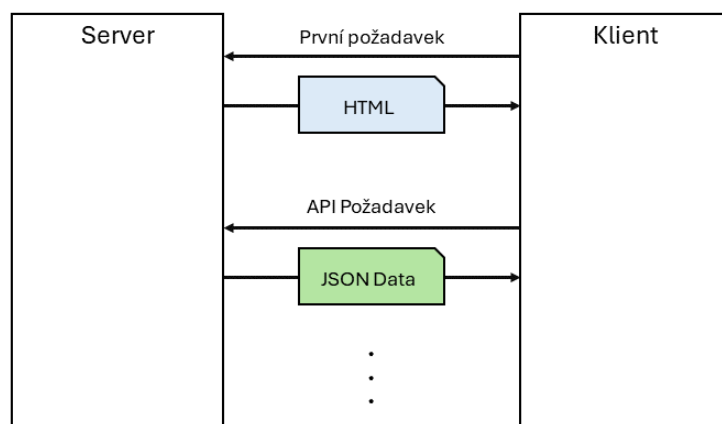
2.1.2.1 Progresivní webová aplikace

Progresivní webová aplikace (PWA – Progresivně Web Application) je aplikace, která je vytvořena pomocí technologií webové platformy, ale poskytuje uživatelské prostředí jako aplikace pro konkrétní platformu [10]. Díky tomu je taková aplikace multiplatformní jako běžná webová aplikace a zároveň jí lze rozšířit o specifické funkcionality konkrétních platform. PWA také může být na konkrétní platformu nainstalována, běžet v off-line režimu, pracovat na pozadí anebo spolupracovat s dalšími aplikacemi které se na zařízení nachází.

Příkladem PWA je například aplikace pro video hovory a zasílání zpráv Discord.

2.1.2.2 Jednostránková aplikace

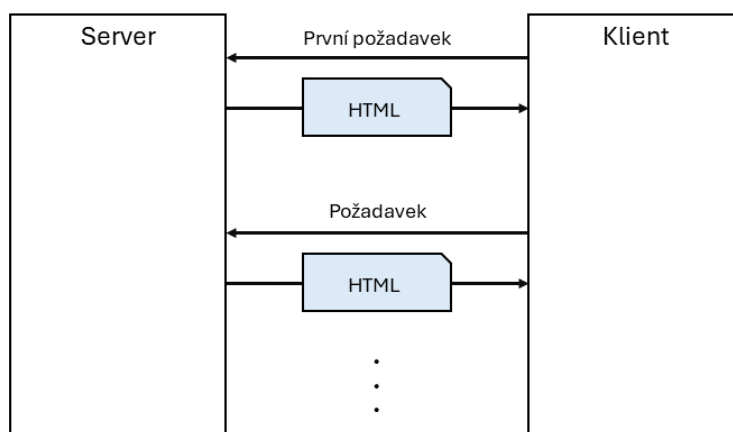
Jednostránková aplikace (SPA – Single-Page Application) je implementace webové aplikace, která načte pouze jeden webový dokument a poté aktualizuje obsah tohoto jediného dokumentu podle potřeby [11]. O přechody mezi stránkami, načítání obsahu a celkově o správné fungování SPA se stará JavaScriptový framework, jako je například Vue.js, React, nebo Angular. Pro získávání dat ze serveru se posílají požadavky na API. Po zpracování požadavku server pošle odpověď ve formátu JSON.



Obrázek 13 – Princip fungování SPA [Autor]

2.1.2.3 Vícestránková aplikace

Vícestránková aplikace (MPA – Multi-Page Application) je tradičnější implementací webové aplikace. Na rozdíl od jednostránkové aplikace (SPA) načítá obsah standardním způsobem. Při získávání nového obsahu nebo stránky se z webového prohlížeče odešle žádost na server. Po zpracování serverem je odeslána odpověď a nový obsah ve formě webového dokumentu. Tento proces je obvykle pomalejší než u SPA.



Obrázek 14 – Princip fungování MPA [Autor]

2.2 Mobilní aplikace

Mobilní aplikace (slangově appka) je aplikační software, který je zpravidla spouštěn na mobilních zařízeních jako jsou chytré mobilní telefony, nebo tablety. Tyto aplikace jsou optimalizovány a designovány pro malé rozměry obrazovek, omezené výpočetní možnosti, dotykové displeje, pohybové senzory, bezdrátové funkce a další vlastnosti a technologie mobilních zařízení.

2.2.1 Technologie mobilních aplikací

Je spousta technologií, které může mobilní telefon nebo tablet poskytnout mobilním aplikacím a které zároveň většinou nejsou využitelné v běžných počítačových programech. Díky těmto technologiím jsou mobilní aplikace výjimečné a nepostradatelné ve světě výpočetní techniky i v běžném životě.

2.2.1.1 GPS a polohové služby

Umožňují mobilním zařízením zaznamenávat aktuální polohu ve světě. Tato technologie je využívána v navigačních aplikacích pro zobrazování a výpočet trasy z aktuální polohy uživatele (Mapy.cz), v seznamovacích aplikacích, kde je možné zobrazit lidi v blízkém okolí uživatele (Tinder), nebo také například v hrách které jsou založeny na pohybu uživatele v reálném světě (Pokémon GO).

2.2.1.2 Akcelerometr a gyroskop

Obě technologie slouží k detekci fyzické polohy a naklonění telefonu, což může být v řadě aplikací velmi užitečné.

Akcelerometr měří zrychlení mobilního zařízení a používá se například k detekci otřesu nebo vibrací. Příkladem využití akcelerometru může být fitness aplikace pro detekci kroků (Samsung Health).

Gyroskop měří úhlovou rychlost mobilního zařízení a používá se k detekci náklonu a rotace zařízení. Příkladem využití gyroskopu můžou být právě aplikace využívající AR technologie.

2.2.1.3 Fotoaparát a kamera

V podstatě všechny dnešní chytré mobilní telefony obsahují fotoaparát a kameru a mobilní aplikace s nimi pracují už dlouho dobu. Možností, jak tyto technologie využít je nespočet, ale například se může jednat o aplikace sociálních sítí, kde se pořizují videa a fotografie, které se následně sdílí s ostatními uživateli (Snapchat, Instagram), aplikace kde je potřeba využít kameru pro naskenování nějakých značek a kódů pro zobrazení nějakého obsahu, nebo pro

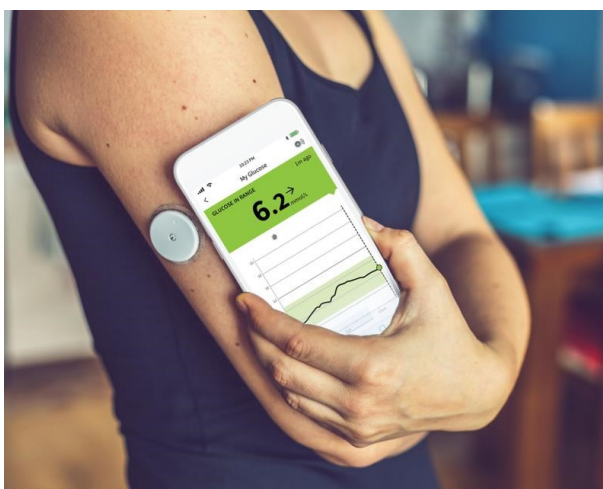
zaplacení nějaké částky. Kamera mobilního telefonu je také nedílnou součástí balíčku technologií pro vytváření AR aplikací.

2.2.1.4 Biometrický senzor

Tato technologie, většinou v podobě skenování otisku prstu, slouží primárně k ověření uživatele při vstupu do aplikace, nebo nějaké její části. Pro uživatele to je rychlejší a pohodlnější způsob autentizace než zadávání hesla.

2.2.1.5 NFC čip

Jedná se o malé zařízení v mobilním telefonu, které slouží pro bezdrátovou komunikaci na malou vzdálenost. Obvykle bývá tato technologie využívána při platbách, uplatňování kuponů, nebo přenosu dat. Zajímavým příkladem využití této technologie je aplikace FreeStyle LibreLink, která díky speciálnímu senzoru na paži uživatele je schopná sledovat jeho hladinu cukru v krvi.



Obrázek 15 – Aplikace FreeStyle LibreLink [33]

2.2.2 Typy mobilních aplikací

2.2.2.1 Nativní aplikace

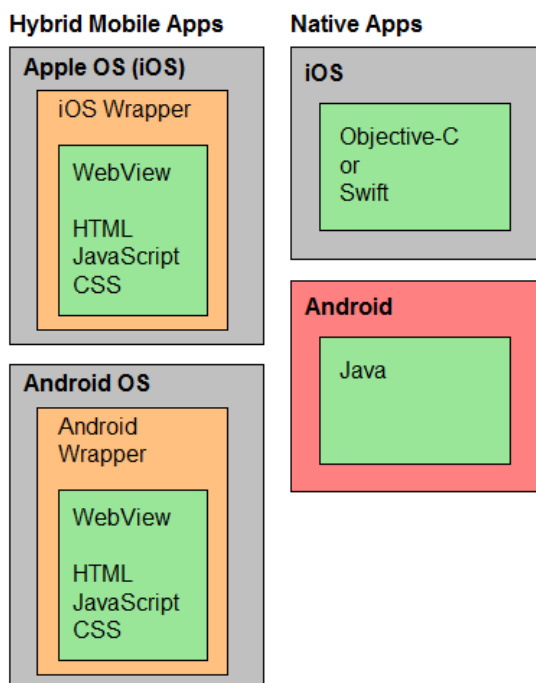
Jsou navrhovány a vytvářeny za pomoci nástrojů a programovacích jazyků, které jsou vhodné pro konkrétní typ a operační systém mobilního zařízení, což mohou být například zařízení s operačním systémem Android, nebo zařízení od společnosti Apple s operačním systémem iOS. Díky tomu, že jsou takové aplikace nainstalovány a spouštěny v prostředí konkrétního zařízení, tak dokáží pracovat poměrně rychle a většinou nepotřebují ke svému použití připojení k internetu.

2.2.2.2 Webové aplikace

Tyto aplikace nejsou navrhovány a programovány na konkrétní typ mobilního zařízení, ale jsou dostupné z webového prohlížeče. Úplný popis tohoto typu aplikací bude obsažen v samostatné kapitole.

2.2.2.3 Hybridní aplikace

Hybridní aplikace jsou kombinací nativních aplikací a webových aplikací. Jejich front-end, který je tvořen za pomoci webových technologií (HTML, CSS a JavaScript) je zabalen do nativní aplikace. Toto řešení umožňuje budovat mobilní aplikace pomocí stejných technologií jako jsou u webových aplikací a zároveň snadněji zpřístupňovat oprávnění k různým službám mobilního zařízení jako u nativních aplikací.



Obrázek 16 – Rozdíl mezi hybridní a nativní aplikací
[34]

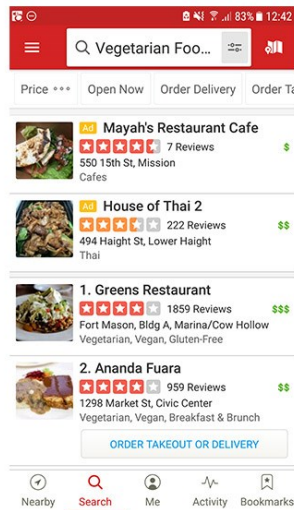
2.3 Mobilní webová aplikace

Mobilní webová aplikace má v podstatě stejné vlastnosti jako klasická webová aplikace s tím rozdílem, že musí být optimalizována pro mobilní zařízení. Optimalizací se však nemusí myslet pouze úprava standartní webové aplikace pomocí responzivního designu a uzpůsobení uživatelského rozhraní pro menší obrazovky a dotykové ovládání.

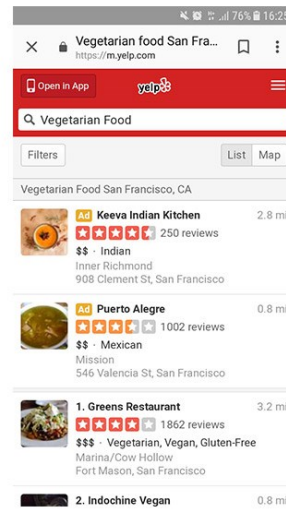
Některé mobilní webové aplikace mohou být navrženy už od počátku tak, že jejich primární uživatelská platforma bude mobilní telefon, nebo tablet, jejichž technologie jsou potřebné pro klíčové vlastnosti a funkce. Takové aplikace jsou pak sice zobrazitelné v běžných počítačích, ale většinou je nelze správně použít, protože postrádají klíčové vlastnosti mobilních zařízení, jako jsou lokalizační služby, kamera, nebo gyroskop.

Tabulka 1 – Porovnání nativní a webové mobilní aplikace [Autor]

	Nativní mobilní aplikace	Webová mobilní aplikace
Prostředí	Konkrétní operační systém jako je Android, nebo iOS.	Webové prohlížeče.
Komptabilita	Aplikace vytvořená pro jeden systém a není dostupná pro ostatní systémy nebo jiné verze toho samého systému.	Aplikace je dostupná ve většině webových prohlížečích, tudíž i ve všech zařízeních které mohou tyto prohlížeče používat.
Instalace	Nutno na konkrétní zařízení nainstalovat pomocí obchodu aplikací.	Netřeba instalace, celá aplikace je přístupná ve webovém rozhraní.
Sít'ový režim	Bez nutnosti připojení k internetu.	Většinou je potřeba stálé připojení.
Publikace	Potřeba registrace a ověření v obchodech s aplikacemi.	Dostupný on-line všem uživatelům.
Výkon	Vyšší výkon díky přímé komunikaci se zařízením.	Výkon může být značně ovlivněn kvalitou internetového připojení.
Technologie	Jazyky jako Objective-C, Java, Kotlin, Swift apod.	Využívá webové technologie jako HTML, CSS, JavaScript.
Aktualizace	Probíhá jejím stažením a následnou instalací. Někdy uživatel musí aktualizaci potvrdit.	Probíhá bez vědomí uživatele.
Bezpečnost	Aplikace nainstalována přímo v zařízení má větší úroveň ochrany.	Kvůli veřejné dostupnosti a umístění na webu je náchylnější k různým útokům.
Cena	Vývoj a správa nativní aplikace je mnohem dražší a obzvlášť pokud je potřeba zahrnout více systémů.	Vývoj webové aplikace je výrazně levnější.



Mobile App



Web App

Obrázek 17 - Vizuální rozdíl mobilní a webové aplikace [35]

3 AR v mobilních webových aplikacích

Podle dotazníků jeden z pěti uživatelů opustí aplikaci hned po prvním použití. Stejně tak 7 z 10 uživatelů zmizí do 90 dnů [12]. Toto může vést k velkým podnikatelským rizikům, kdy například majitel e-shopu vynaloží velké finance a prostředky pro vytvoření AR mobilní aplikace, která nakonec nebude využívána tak jak se očekávalo.

Jedno řešení, které má velký potenciál, je webová AR. Místo požadavku na stažení aplikace má veškerou funkčnost zabudovanou přímo do webového prohlížeče telefonu. Webové aplikace s podporou AR získávají přístup ke stejným funkcím jako nativní aplikace a uživatelé se zbavují povinnosti neustálé instalace a aplikací, které většinou ani nechtějí [12].

3.1 Porovnání webové AR a mobilní AR

Na začátek je třeba uvést, že oba způsoby využití AR mají své výhody a nevýhody a že vždy záleží na konkrétním případě užití než na nějakých obecných předpokladech. Pro některé projekty může být podstatnější výkon AR aplikace, pro některé zase dostupnost.

Z technického hlediska je porovnávání AR v mobilních aplikacích a webových mobilních aplikacích podobné, jako porovnávání aplikací samotných. Některé výhody a nevýhody zůstávají stejné, jako například závislost na internetovém připojení, nutnost instalace apod.

Z podnikatelského a marketingového hlediska má značnou výhodu webová AR, protože je pro potenciální zákazníky dostupné téměř instantně pomocí webového prohlížeče. Díky této dostupnosti se webová rozšířená realita dostala k dvojnásobnému počtu mobilních zařízení než její protějšek v podobě aplikace. Je atraktivní zejména pro společnosti, které chtějí svým uživatelům poskytnout jednotný zážitek napříč různými platformami [13].

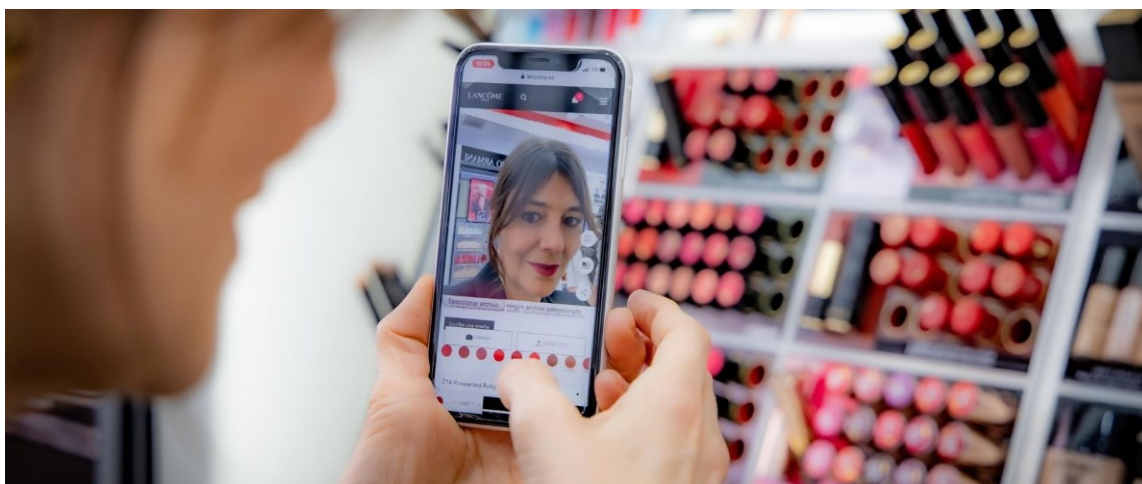
Z výkonnostního hlediska je na tom lépe mobilní AR, protože aplikace, která AR využívá má k dispozici mnohem větší výpočetní a paměťové zdroje než webová AR. V některých případech tento rozdíl nemusí být tak znatelný, ale v případě využití složitějších 3D objektů má výhodu řešení, které pracuje přímo v systému zařízení a využívá jeho zdroje oproti řešení jehož zdroje jsou limitovány webovým prohlížečem. Další nevýhodou pro uživatele může být i fakt, že některé zdroje se v případě webové AR musí opětovně stahovat, což je pomalejší než u mobilní AR, kde veškeré zdroje jsou staženy v zařízení během instalace aplikace.

3.2 Využití a případy užití

AR ve webových mobilních aplikacích nabízí především nový způsob komunikace a interakce s uživatelem a otevírá mnoho možností a příležitostí pro již existující nebo vyvíjené mobilní webové aplikace. Důležitá je hlavně dostupnost, která jak již bylo zmíněno, je mnohem lepší než u nativních aplikací. Především díky této snadné dostupnosti má AR ve tomto typu aplikací velké uplatnění ve spoustě odvětvích. Tato kapitola se primárně zaměřuje na typy využití AR, které jsou přímo vhodné pro mobilní webové aplikace, a naopak nejsou moc vhodné pro jejich nativní protějšky.

3.2.1 Obchod a podnikání

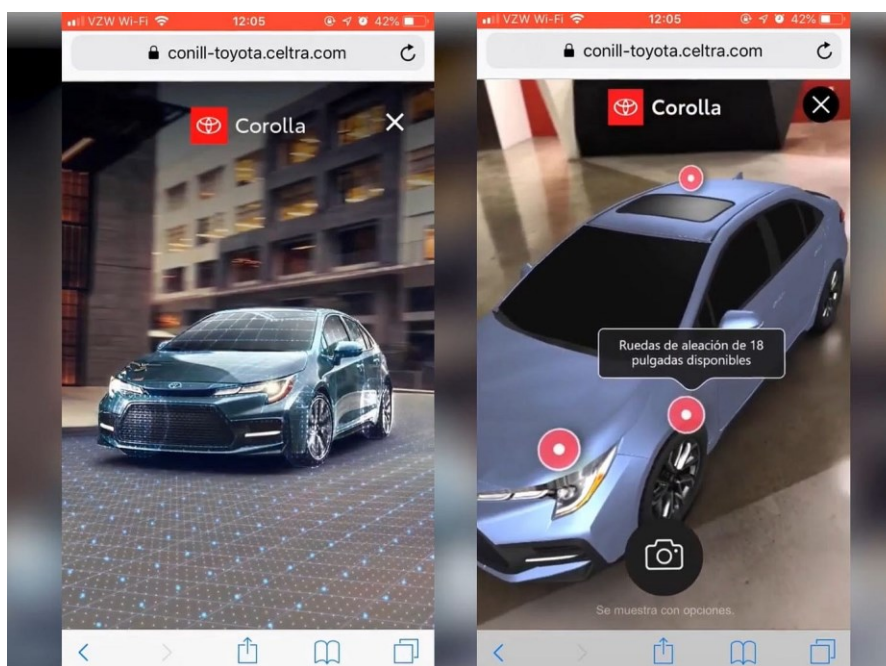
Jedním z nejužitečnějších využití AR je jeho zakomponování do internetového obchodu. Zákazník e-shopu si díky této technologii může některé produkty virtuálně zobrazit v libovolném reálném prostoru, například u sebe doma. Zákazník má potom mnohem lepší představu o reálném vzhledu a rozměrech daného produktu a zvyšuje se tím konverzní poměr internetového obchodu. Především e-shopy nabízející nábytek, obrazy, bytové doplňky, oblečení nebo dokonce i kosmetiku a jiné podobné produkty mají velký potenciál pro uplatnění rozšířené reality. Je mnoho internetových obchodů, které při nakupování umožňují využít AR technologie, nicméně ne všechny implementují AR přímo do svých webových aplikací, ale mají pro tyto účely vytvořené nativní aplikace, což může z důvodu nutnosti stahování a instalace takové aplikace některé zákazníky odradit od využití AR technologie.



Obrázek 18 – AR testování kosmetiky od společnosti L'Oréal [36]

3.2.2 Marketing a propagace

Jedná se o další způsob využití AR, který je velice vhodný pro mobilní webové aplikace. Vytvoření a nasazení webové aplikace s AR je mnohem jednodušší než nativní aplikace, a proto jsou vhodné pro rychlé, malé a někdy i jednorázové projekty. Zároveň má toto řešení mnohem větší dosah díky své komptabilitě s většinou zařízení a jde jej i mnohem lépe propagovat a sdílet. Spoustu produktů se v poslední době dočkalo své AR propagaci ve webovém prohlížeči, ať už šlo o nové album kapely, nově vydaný film nebo nový automobil. Takové propagace mají za cíl upoutat potenciálního zákazníku a vytvořit mu příjemnou zkušenost s novým produktem pomocí AR. Díky tomu má zákazník větší tendence přemýšlet o koupi daného produktu. Stejně vlastnosti se kromě produktu vztahují i na různé události, jako jsou festivaly, koncerty nebo přehlídky, kde je hlavním cílem zaujmout potenciálního návštěvníka.



Obrázek 19 – AR propagace nového vozu značky Toyota [37]

3.2.3 Virtuální prohlídky

Dalším velice zajímavým využitím jsou virtuální prohlídky. Přestože pro tyto účely je vhodná i nativní aplikace, tak hlavní výhoda webové mobilní aplikace spočívá opět v snadné přístupnosti. Uživatel si při příchodu do prostoru výstavy otevře příslušnou webovou stránku, (buď po zadání konkrétní adresy nebo po naskenování QR kódu) kde se spustí rozšířená realita, takže nemusí do svého zařízení stahovat a instalovat žádné aplikace. Díky tomuto řešení je možné v místnosti pozorovat různé virtuální objekty jako jsou obrazy, keramika nebo sochy. Další možností je pomocí AR nezobrazovat virtuální objekty ale pouze dodatečné informace o reálných objektech.



Obrázek 20 – Příklad AR v muzeu [38]

3.3 Web API pro rozšířenou realitu

Aplikační programovací rozhraní (API) jsou softwarové nástroje, které pomáhají různým programům spolupracovat. API mohou zlepšit přítomnost organizace na webu pomocí nástrojů, které integrují různé užitečné a populární programy [14]. Mezi těmito nástroji mohou být právě i takové, které slouží k vytváření AR zážitku ve webovém prohlížeči. Patří mezi ně API a knihovny pro vytváření 2D a 3D grafiky nebo pro identifikaci okolí kvůli umísťování virtuálních objektů.

3.3.1 WebGL

WebGL (Web Graphics Library) je JavaScriptové API pro vykreslování výkonné interaktivní 3D a 2D grafiky v libovolném kompatibilním webovém prohlížeči [15]. Původně bylo toto API navrženo společností Mozilla a je založeno na OpenGL API z roku 1992. V tuto chvíli existuje verze WebGL 2.0, která přidává nové možnosti oproti WebGL 1.0.

Pro zobrazení grafiky používá HTML5 element „canvas“, který obecně slouží pro vykreslování grafiky ve webovém prohlížeči. Nedílnou součástí je také JavaScript, který slouží k psaní obslužného kódu, takže lze pomocí něj upravovat „canvas“ a přidávat do něj objekty a grafiku. Další součástí je GLSL (Graphics Library Shader Language) jazyk pro psaní shaderů. Jelikož psaní vlastních shaderů je poměrně náročné, tak pro přidávání 3D objektů do webových stránek se používají různé knihovny, jako například Three.js.

Tabulka 2 – Podpora WebGL v mobilních prohlížečích [16][17]

Mobilní prohlížeč	WebGL 1.0	WebGL 2.0
Chrome pro Android	Podporováno.	Podporováno.
Safari pro iOS	Podporováno.	Podporováno.
Samsung internet	Podporováno.	Podporováno
Opera Mobile	Podporováno.	Podporováno.
Firefox pro Android	Podporováno.	Podporováno.

3.3.2 WebXR Device API

Jedná se o API, které umožňuje ve webovém prohlížeči vytváření rozšířených a virtuálních realit, které jsou zobrazitelné v mobilních telefonech, tabletech nebo VR headsetech.

Pomocí WebXR API a 3D knihovny Three.js lze udělat z hlediska rozšířené reality v podstatě cokoliv. Umožňuje vytvářet jak marker-based tak i markerless a location-based AR. Tato technologie je stále ještě ve vývoji a není úplně dokončená, proto nemá podporu v některých prohlížečích a není tedy plně kompatibilní.

Tabulka 3 – Podpora WebXR v mobilních prohlížečích [18]

Mobilní prohlížeč	WebXR Device API
Chrome pro Android	Částečně podporováno.
Safari pro iOS	Nepodporováno.
Samsung internet	Částečně podporováno.
Opera Mobile	Částečně podporováno.
Firefox pro Android	Nepodporováno.

3.4 Knihovny, nástroje a řešení

3.4.1 AFRAME

Jedná se o webový open-source framework navržený společností Mozilla pro vytváření virtuální reality ve 3D. Definování komponent jako jsou 3D modely, kamery, osvětlení nebo scény je zprostředkováno pomocí speciálních HTML tagů, které se vkládají přímo do těla HTML dokumentu. Díky tomuto řešení je možné vytvořit 3D scénu pro virtuální realitu poměrně jednoduše a efektivně. Na druhou stranu má AFRAME své limity ve formě menšího počtu funkcionalit nebo kvality grafického výstupu. K vytváření AR se AFRAME používá společně s knihovnou AR.js, která AFRAME doplňuje o nezbytné komponenty a funkcionality k vytváření webové rozšířené reality.

3.4.2 Three.js

Three.js je open-source JavaScript knihovna pro vytváření a zobrazování 2D a 3D grafiky ve webovém prohlížeči. Díky tomu, že využívá WebGL API, může Three.js za pomoci grafické karty vykreslovat výkonnostně náročné 3D modely a animace, které se potom vykreslují do HTML „canvas“ elementu.

Samotná knihovna nedisponuje funkcionalitami pro vytváření AR zážitku, ale lze ji propojit s různými AR knihovnami a API. Velice oblíbené je spojení Three.js a WebXR pro vytváření rozšířené reality bez jakýkoliv funkčních omezení. Další možností je kombinace Three.js s AR.js, která sice neposkytuje takové množství funkcionalit pro AR jako WebXR, ale zároveň je jednoduchá na implementaci a je podporovaná ve většině mobilních webových prohlížečích.

3.4.3 AR.js

Jedná se o lehkou JavaScript knihovnu pro vytváření rozšířené reality přímo v prohlížeči. Primárně disponuje funkcionalitami pro geolokační AR a rozpoznávání obrázků, jako jsou čárové kódy, speciální obrazce nebo obrázky. Vykreslování grafiky pro AR.js obstarává buď Three.js nebo AFRAME. Implementace AR.js je velice jednoduchá a je podporována ve většině mobilních webových prohlížečích, včetně Safari pro iOS.

AR.js je dostupné v různých sestaveních:

- Image tracking & Location Based AR (AFRAME)
 - Pro vykreslování grafiky využívá framework AFRAME
 - Umožňuje marker-based AR pomocí detekce obrázků
 - Umožňuje location-based AR
- Marker tracking & Location Based AR (AFRAME)
 - Pro vykreslování grafiky využívá framework AFRAME
 - Umožňuje marker-based AR pomocí detekce značek a vzorů
 - Umožňuje location-based AR
- Image tracking & Marker tracking (Three.js)
 - Pro vykreslování grafiky využívá knihovnu Three.js
 - Umožňuje marker-based AR pomocí detekce značek, vzorů a obrázků
 - Umožňuje location-based AR
- Location Based AR (Three.js)
 - Pro vykreslování grafiky využívá knihovnu Three.js
 - Umožňuje location-based AR

3.4.4 WebXR

WebXR je skupina standardů, které se společně používají k podpoře vykreslování 3D scén ve webovém prohlížeči. Již zmíněné WebXR Device API implementuje jádro WebXR.

3.4.4.1 Three.js

Propojení WebXR a Three.js je velice oblíbené u vývojářů a díky tomu je dostupná spousta podpůrných materiálů a výukových programů zaměřených na vytváření rozšířené reality právě za pomoci těchto dvou technologií.

3.4.4.2 Unity

Dalším způsobem využití WebXR je v herním 3D a 2D enginu Unity. Unity poskytuje nástroje a vývojové prostředí pro vytváření jednoduchých nebo i rozsáhlejších herních projektů. Tento herní engine zároveň umožňuje vytvářet hry pro prostředí webového prohlížeče a k realizaci rozšířené reality může využít právě WebXR Device API.

3.4.5 Bez kódová řešení

Kromě knihoven a frameworků lze naimplementovat AR do mobilních webových aplikací i pomocí různých služeb jako jsou například UniteAR nebo Zapworks. Tyto AR služby poskytují nástroje pro intuitivní vytvoření scén a digitálních objektů, které je pak možné pomocí zvolených možností a nastavení zobrazovat v reálném prostředí. Výslednou funkcionalitu je pak z pravidla možné vložit do vlastní webové aplikace. Bez kódová řešení jsou primárně určena pro běžné uživatele bez dostatečných technických znalostí a pro projekty, kde má být nasazení AR co nejrychlejší a nejjednodušší. Nevýhodou těchto řešení bývá nízká úroveň přizpůsobitelnosti specifickým požadavkům jako je rozmístění a design ovládacích prvků, vlastní funkcionalita a podobně.

4 Návrh a vývoj aplikace

Součástí této práce je vytvoření mobilní webové aplikace využívající technologii AR. Tato práce je navržena pro mobilní telefony, kde hlavní funkcionalitou je zobrazování digitálních objektů v reálném prostředí pomocí marker-based AR, ale zároveň je navržena i pro počítačové zobrazení, kde AR technologie není dostupná, ale i přesto je aplikace v tomto prostředí smysluplně využitelná. Základní struktura aplikace se skládá z návštěvnické části, do které má přístup běžný uživatel webu a kde se nachází přehled informací o digitálních objektech a možnost spustit AR scénu s těmito digitálními objekty. Druhá část je zaměřena na vytváření uživatelského účtu a možnosti přidat vlastní AR scény s vlastními digitálními objekty.

4.1 Analýza

Tato část popisu aplikace se zaměřuje na průběh jejího plánování, analýzu a projektové řízení. K analýze a plánování byla použita grafických notace UML (Unified Modeling Language), což je nástroj, který má za cíl pomoci při návrhu a vývoji softwaru.

4.1.1 Nefunkční požadavky

„Nefunkční požadavky jsou doplněk funkčních požadavků. Popisují další nezbytné vlastnosti potřebné vzhledem k prostředí a kontextu“ [19]. Mezi tyto vlastnosti patří prostředí, využití technologie a nástroje.

Tabulka 4 – Nefunkční požadavky aplikace [Autor]

ID	Požadavek
1	Aplikace bude fungovat ve webovém prohlížeči a bude optimalizována pro mobilní telefony.
2	Front-end aplikace bude vytvořen pomocí programovacího jazyka JavaScript, značkovacího jazyka HTML5 a stylovacího jazyka CSS.
3	Back-end aplikace bude realizována pomocí programovacího jazyka PHP v objektově orientované formě.
4	Databáze bude realizována pomocí databázového systému MySQL.
5	Aplikace bude používat JavaScript knihovnu AR.js a AFRAME pro realizaci rozšířené reality.

4.1.2 Funkční požadavky

Funkční požadavky popisují chování nějakého produktu, v našem případě aplikace. Mají za úkol popisovat, co má produkt dělat, nikoliv jak to má dělat.

Tabulka 5 – Funkční požadavky aplikace [Autor]

ID	Název požadavku	Akceptační kritérium.
1	Zobrazení maleb na svých unikátních značkách.	Aplikace umožní v rámci galerie zobrazit v AR režimu více maleb, kde každá malba se bude objevovat na své příslušné značce, která je pro malbu unikátní v rámci dané galerie.
2	Procházení galerií a jejich informací.	Aplikace umožní návštěvníkovi procházet seznam galerií a zobrazovat jejich informace.
3	Procházení maleb v galerii a jejich informací.	Aplikace umožní návštěvníkovi v zobrazené galerii procházet seznam maleb a zobrazovat jejich informace.
4	Načtení AR prostředí galerie.	Aplikace umožní návštěvníkovi v zobrazené galerii spustit AR prohlídku, která mu umožní podle značek v reálném prostředí zobrazovat malby.
5	Registrace zájemce o vytvoření galerie.	Aplikace umožní návštěvníkovi vytvořit uživatelský účet, pomocí kterého bude možno vytvořit galerii a její obsah.
6	Správa galerie včetně přidávání, odebrání a úpravy informací o galerii.	Aplikace umožní registrovanému uživateli upravovat informace týkající se jeho galerie.
7	Přidávání, odebrání a úpravy maleb v galerii.	Aplikace umožní registrovanému uživateli přidávat nové malby do galerie a rovněž je i upravovat, nebo mazat.
8	Možnost získání AR značek.	Aplikace návštěvníkovi i registrovanému uživateli umožní získat/stáhnout značky potřebné pro správnou funkčnost.

4.1.3 Use Case Diagram

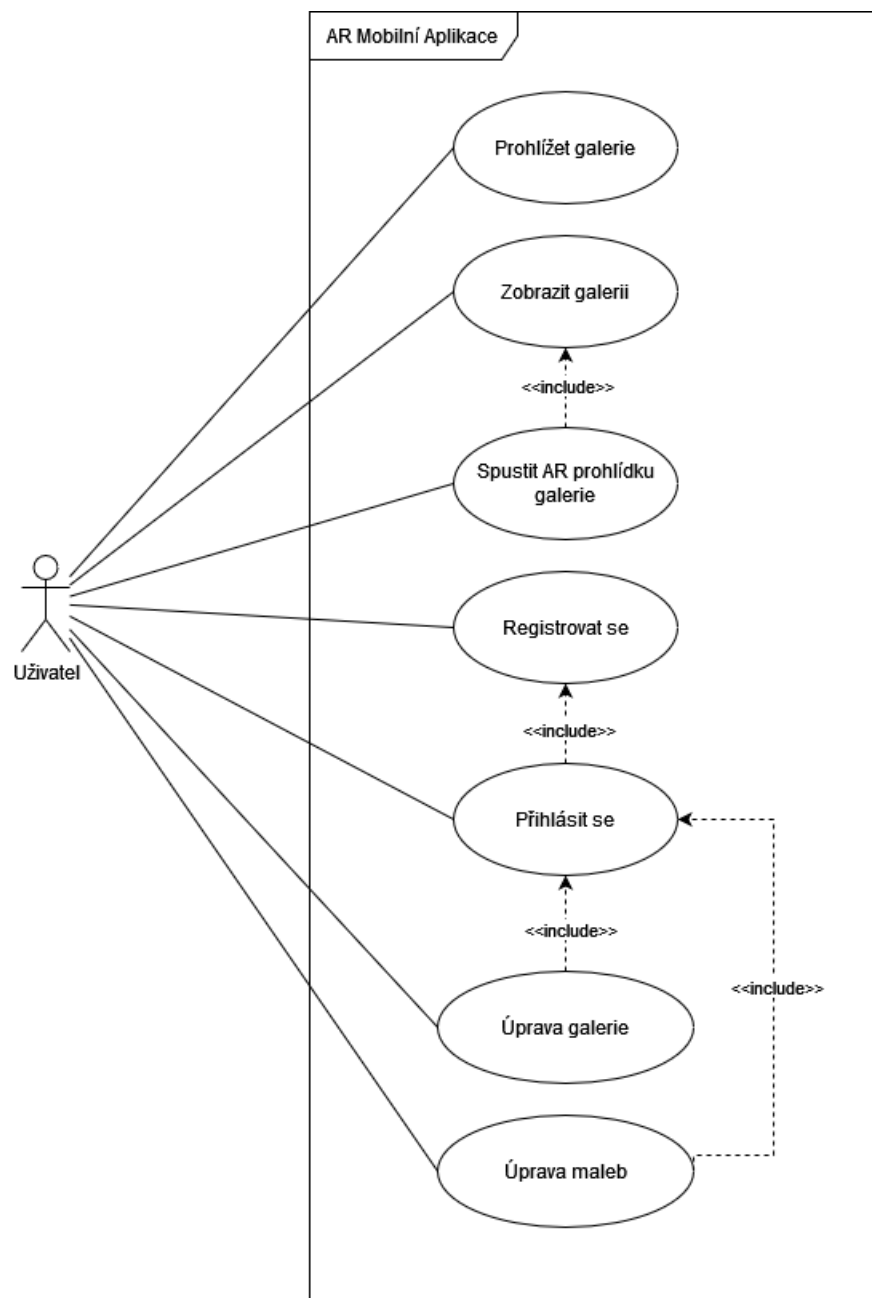
V češtině se dá nazvat jako diagram případů užití. K tomu, aby bylo pochopitelné, co takový diagram popisuje, je potřeba si definovat, co je Use Case (UC) neboli případ užití a aktér.

Use case je sada několika akcí, které vedou k dosažení určitého cíle. Use Case může být přidání komentáře k článku, registrování nového uživatele nebo např. vytisknutí dokumentu [20].

Dále je potřeba si definovat co to je Actor neboli aktér. Actor je role, která komunikuje s jednotlivými případy užití. V této roli může být obsazen uživatel nebo externí systém [20]. Jedná se například o uživatele aplikace, návštěvníka webové stránky, administrátora systému apod.

Zároveň součástí diagramu jsou vztahy mezi případy užití (Use Case) a aktéry (Actor).

- Asociace mezi aktérem a případem užití
 - Spojuje případy užití a aktéry
 - Každý aktér může mít jednu, nebo více asociací
- Generalizace mezi aktéry
 - Značí dědičnost mezi aktéry
 - Aktér, který dědí má asociaci se stejnými případy užití jako jeho předek
- Vztah „extend“
 - Vztah mezi dvěma případy užití
 - Značí volitelnou rozšiřitelnost jednoho případu užití pomocí toho druhého
- Vztah „include“
 - Vztah mezi dvěma případy užití
 - Značí povinné obsažení jednoho případu užití ve druhém



Obrázek 21 – Diagram případu užití [Autor]

4.2 Grafický layout aplikace

Layout je rozmístění jednotlivých prvků internetových stránek, jako jsou například vyhledávací pole, ikonky, navigace, obrázky apod [21]. V podstatě se jedná o jednoduchý návrh vzhledu webové stránky a má za cíl nastítnit přibližné rozvržení jednotlivých komponent. Návrh layoutu nevyžaduje přesnost zarovnání nebo důmyslné grafické úpravy, ale jde pouze o grafickou představu toho, jak by mohla webová stránka vypadat a fungovat.

V každém následujícím layoutu bude zobrazená horní lišta. Ta plní pouze dekorativní aspekt a není nijak podstatná pro layouty, které zde budou popisovány.

Layout seznamu galerií má cíl návštěvníkovi nabídnout výběr mezi dostupnými galeriemi. Jednotlivé galerie jsou seřazeny pod sebe v oddělených blocích, kde v každém kterém je uveden název galerie a tlačítko, které slouží pro zobrazení příslušné galerie.

Layout obsahuje:

- Nadpis
- Seznam elementů, kde každý reprezentuje jednu galerii
- Každý element v seznamu obsahuje
 - Název galerie
 - Tlačítko odkazující na galerii



Obrázek 22 – Layout seznamu galerií [Autor]

Layout pro zobrazení galerie má uživateli poskytnout základní přehled o galerii, ale především zobrazit seznam maleb, které se v galerii nachází. Zároveň se jedná o vstupní bod do AR prohlídky galerie. Tento layout je přístupný ze seznamu galerií.

Layout obsahuje:

- Hlavičku stránky galerie, která obsahuje:
 - Název galerie
 - Tlačítko pro vstup do virtuální AR prohlídky galerie
- Seznam elementů, kde každý reprezentuje jednu malbu
- Každý element seznamu obsahuje:
 - obrázek malby
 - název a jméno autora malby
- Dále layout obsahuje rezervovaný prostor pro ovládací prvky seznamu, pokud by jejich implementace byla potřeba. Může se jednat například o filtrační nástroje, vyhledávání apod.



Obrázek 23 – Layout zobrazení galerie [Autor]

Layout pro přihlášení a registraci umožní uživateli jednoduše vytvořit nový účet nebo se přihlásit k existujícímu. Obě operace (registrace i přihlášení) byly rozvrženy do jednoho layoutu z důvodu jednoduchosti a úspory místa.

Layout obsahuje:

- Dva oddělené bloky, jeden pro přihlášení a druhý pro registraci
- Blok pro přihlášení obsahuje:
 - Nadpis
 - Vstupní pole pro zadání uživatelského jména
 - Vstupní pole pro zadání uživatelského heslo
 - Tlačítko pro potvrzení přihlášení
- Blok pro registraci obsahuje:
 - Nadpis
 - Vstupní pole pro zadání uživatelského jména
 - Vstupní pole pro zadání uživatelského heslo
 - Vstupní pole pro zadání emailu
 - Tlačítko pro potvrzení registrace

1920 x 1080 px

Mobilní telefon

Obrázek 24 – Layout přihlášení a registrace [Autor]

Layout pro správu galerie registrovaného uživatele je podobný layoutu pro zobrazení galerie, ale je více uzpůsobený k práci s daty a informacemi a není zde tolik kladen důraz na vzhled a rozvržení jednotlivých komponent.

Layout obsahuje:

- Hlavičku, která obsahuje tyto elementy:
 - Název galerie
 - Tlačítko pro zobrazení galerie (layout zobrazení galerie)
- Prostor pro ovládací prvky, který plní stejnou funkci jako u layoutu zobrazení galerie
- Tabulku jednotlivých maleb, kde každý řádek obsahuje:
 - Obrázek malby
 - Název a jméno autora malby
 - Další ovládací prvky, které se vážou k řádku tabulky. Mohou to být například tlačítka pro smazání záznamu tabulky, nebo pro jeho úpravu.

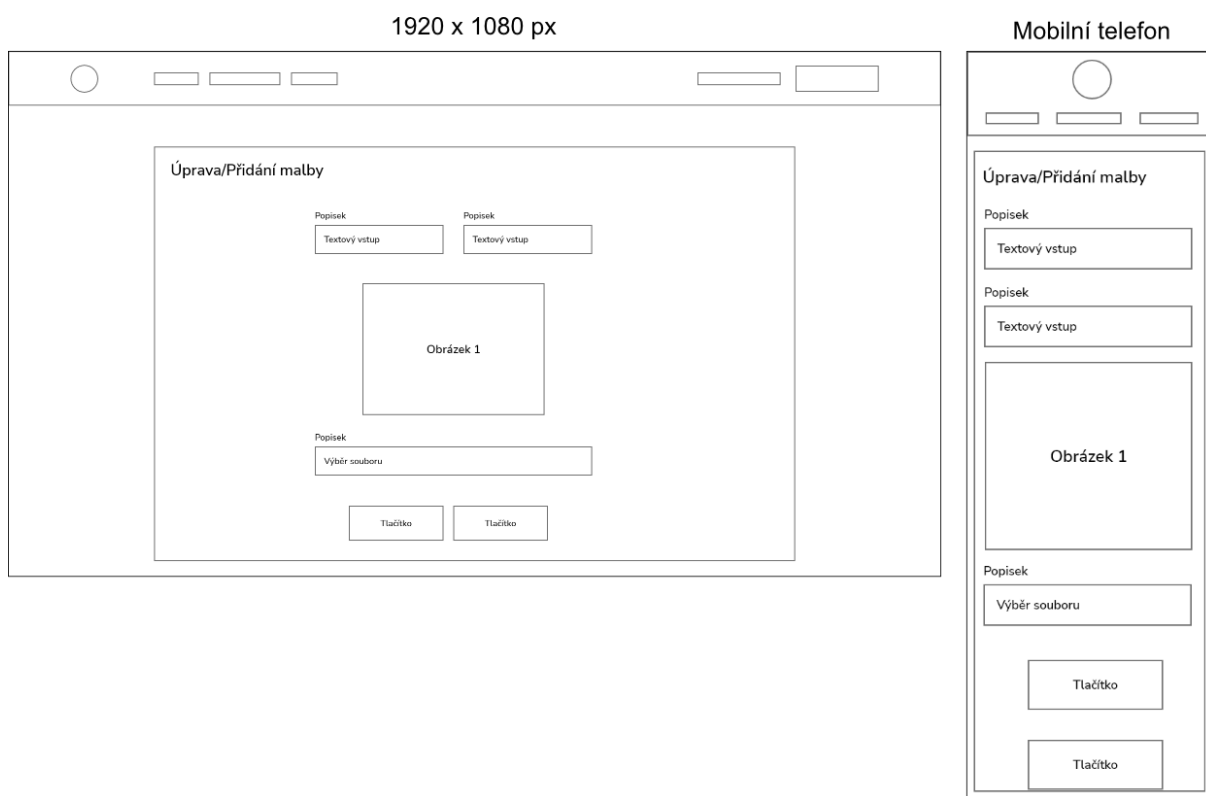


Obrázek 25 – Layout správy galerie [Autor]

Layout pro editaci a přidávání maleb je posledním zde zmíněným layoutem. Má za úkol uživateli umožnit pohodlné vyplnění informací o nové malbě nebo upravení informací o stávající malbě.

Layout obsahuje:

- Nadpis, který uvádí, jestli se jedná o úpravu nebo nový záznam
- Vstupní pole pro název malby
- Vstupní pole pro jméno autora malby
- Element pro výběr obrázku malby
- Obrázek, který je v případě úpravy aktuální nebo v případě přidávání nového záznamu nahraný
- Tlačítko pro potvrzení úpravy nebo přidání
- Tlačítko pro zrušení úpravy nebo přidání



Obrázek 26 – Layout editace/přidání záznamu [Autor]

4.3 Použité technologie

Při návrhu mobilní webové aplikace byla použita řada nástrojů a technologií. Některé z nich byly nedílnou součástí vývoje a je na nich postavena celá logika aplikace a některé byly použity pro usnadnění vývoje.

Celá struktura aplikace by se dala rozdělit do třech částí – front-end, back-end a databáze. Do těchto logických částí jsou i roztrženy jednotlivé využívané technologie.

4.3.1 Front-end

Front-end je u webových aplikací ta část, která má za úkol komunikaci s uživatelem. Spadají sem různé interaktivní i statické elementy se kterými uživatel přichází do styku. Mohou to být různé formuláře, tlačítka, obrázky, úseky textu a jiné interaktivní prvky a data.

4.3.1.1 HTML5 (HyperText Markup Language)

Jedná se o značkový jazyk, který slouží k definování struktury webových stránek. Jeho kód se skládá z tak zvaných tagů nebo také elementů, kde každý tag má jasnou roli ve struktuře a layoutu webové stránky. Tag je vždy tvořen klíčovým slovem, které je uzavřeno ve špičatých závorkách. Tagy se dají rozdělit na párové a nepárové, kde párové se skládají vždy ze dvou tagů a obsah je umístěn mezi ně, kdežto nepárový tag má obsah definován pomocí parametrů.

Tabulka 6 – Příklad HTML tagů [Autor]

Příklad párového tagu.	<code><p>Toto je nějaký text</p></code>
Příklad nepárového tagu.	<code></code>

V aplikaci byl jazyk HTML samozřejmě využit, protože bez tohoto značkovacího jazyka nelze na webu zobrazovat v podstatě žádný rozumný obsah.

4.3.1.2 Tailwind CSS

CSS (Cascading Style Sheets) je jazyk pro definování stylů HTML dokumentu. Pomocí CSS a jeho jednoduché a intuitivní syntaxe je možné přidávat grafické a strukturální úpravy HTML elementům.

Jedním z problémů při vývoji softwaru může být vymýšlení názvů pro nové třídy, proměnné, funkce apod. U jazyka CSS je tento problém pojmenovávání mnohokrát horší, protože takřka pro každý unikátní styl HTML elementu je vytvořena nová pojmenovaná HTML třída.

Aby se zabránilo v konfliktu mezi názvy tříd, tak se musí k vymýšlení jmen přistupovat opatrně, nicméně u větších projektů toto může být opravdu výzva.

Tento problém řeší CSS framework Tailwind, který umožňuje přidávání stylů pomocí speciálních fragmentových tříd, kde každá třída definuje minimum stylů a její název odpovídá tomu jaké styly aplikuje. Díky tomuto řešení je vývoj rychlejší a efektivnější, protože vývojář nemusí přemýšlet nad strukturou a pojmenováváním tříd, ale může libovolné styly aplikovat pomocí tříd tohoto frameworku. Další výhodou při používání Tailwindu je dodržování konvencí a proporcí, protože Tailwind třídy mají předdefinované určité hodnoty pro barvy, rozměry velikosti, řezy písma apod.

Tabulka 7 – Překlad Tailwind tříd na CSS [Autor]

Tailwind HTML třídy.	m-4 p-2 w-full
CSS.	margin: 16px; padding: 8px; width: 100%;

4.3.1.3 jQuery

jQuery je velice užitečná JavaScript knihovna, která usnadňuje přístup k elementům v HTML dokumentu. Oproti klasickému JavaScriptu je zápis jQuery kratší a mnohem intuitivnější, protože pro získávání elementů z HTML využívá tak zvané selektory, které se také používají v jazyce CSS pro aplikování stylů.

Tabulka 8 – Porovnání stejného příkazu v jQuery a JavaScriptu [Autor]

JavaScript.	var element = document.getElementById("identifikator");
jQuery.	var element = \$("#identifikator");

4.3.2 Back-end

Jedná se o část webové aplikace, která má na starost výpočetní logiku, zpracovávání dat a celkově obstarává plynulý chod aplikace. Oproti front-endu se zde neřeší vzhled, ani rozmístění prvků, ale především struktura kódu a správné vyřizování požadavků ze strany front-endu, což může být například požadavek na získání nových dat nebo na registraci nového uživatele.

4.3.2.1 PHP

PHP je programovací jazyk, který má velice úzkou vazbu s HTML a vývojem webu, a proto je pro něj i vhodný. Díky PHP je možné zpracovávat HTTP požadavky, komunikovat s databází a generovat stránky s dynamickým obsahem. Hlavní výhodou PHP je jeho jednoduchost a integrace ve webovém vývoji. V této mobilní webové aplikaci byl použit objektivě orientovaný přístup vývoje v PHP, což umožnilo plynulý a spolehlivý vývoj aplikace.

4.3.3 Databáze

Pro vytvoření databáze byl použit databázový systém MySQL, z důvodu jeho jednoduchosti, relačnímu přístupu a spolehlivému propojení s jazykem PHP.

4.4 Struktura projektu

Aplikace byla tvořena podle architektury MVC (Model View Controller), díky čemuž se jádro aplikace rozdělilo do logických a lehce spravovatelných částí. Další části slouží k různým doplňkovým a podpůrným účelům.

4.4.1 Models

V tomto modulu jsou vytvořené třídy, které reflektují databázová schémata. Tyto třídy slouží v aplikaci primárně jako datové objekty a primárně se využívají v třídách modulu Controllers.

- GalleryModel – uchovává informace o galerii
- PaintingModel – uchovává informace o malbě (název, autor, obrázek atd.)
- MarkerModel – uchovává informace o AR značce (kód značky, obrázek značky)
- UserModel – uchovává informace o uživatelském účtu (jméno, email apod.)

4.4.2 Controllers

Tento modul obstarává získávání, mazání, přidávání a aktualizování dat v databázi. Kontroléry byli navrženy tak, aby byly konzistentní, proto taky obsahují základní funkce pro manipulaci dat, které jsou v podstatě ve všech kontrolérech navrženy stejně. Tyto základní operace mohou být potom doplněny dalšími operacemi specifickými pro konkrétní kontrolér.

Tabulka 9 – Struktura kontroléru [Autor]

Operace/Metoda	Popis
add(model)	Podle vloženého modelu přidá záznam do tabulky databáze.
update(model)	Podle vloženého modelu upraví záznam v tabulce databázi.
get(id)	Podle identifikátoru získá záznam z databáze v podobě modelu.
getAll()	Získá všechny záznamy z tabulky databáze v podobě kolekce modelů.
delete(id)	Podle identifikátoru odebere záznam v tabulce databáze.

4.4.3 Views

Jedná se o PHP dokumenty, které slouží jako pohledy na data získaná pomocí kontrolérů, to znamená, že se vygeneruje HTML kód, do kterého jsou pak následně vložena dynamická data z databáze. Pohledy se pak podle potřeby importují do hlavního kořenového PHP souboru.

4.4.4 AR služba

Kvůli specifickým podmínkám, které vyžaduje AR.js (například úprava body tagu) pro správné fungování rozšířené reality, je potřeba vytvářet AR scénu v samostatné HTML stránce, nikoliv v pohledu. Toto je jediná situace, při které se částečně poruší MVC architektura. Základní prvky scény se generují pomocí PHP a dat načtených z databáze. Dodatečné funkcionality jsou dále implementovány pomocí JavaScriptu (jQuery).

4.4.5 Další části

Do dalších částí patří spíše pomocné moduly, jako jsou například komponenty, skripty, obsluha databáze, práce se soubory a veřejné adresáře.

4.5 Testování

Aplikace byla testována vývojářem i běžným uživatelem. Testování z pohledu vývojáře se zaměřilo na nalezení potencionálních chyb, kontrolu správné validace vstupů a chování v různých krajních situacích. Zároveň součástí testování byla zkouška komptability s různými mobilními webovými prohlížeči a zařízeními.

Testování z pohledu běžného uživatele bylo zaměřeno na porozumění struktury aplikace, grafického rozhraní a schopnosti běžného uživatele použít aplikaci k jejím účelům bez nutnosti složitého a obsáhlého návodu, nebo vysvětlivek.

Výsledky tohoto testování ukázaly že aplikace v krajních situacích pracuje tak, jak se od ní očekává a v případě neočekávané chyby správně upozorní uživatele. Běžný uživatel je schopný se v aplikaci orientovat a používat jí k účelům k jakým byla navržena.

ZÁVĚR

Prvním cílem této bakalářské práce bylo v teoretické části charakterizovat a popsat rozšířenou realitu a prozkoumat její využitelnost v mobilních webových aplikacích. Dále bylo potřeba analyzovat dostupná API pro umístování digitálních prvků v prostředí reálného světa a vytvořit přehled dostupných knihoven pro vývoj webových aplikací s rozšířenou realitou.

Druhým cílem v praktické části bylo navrhnout a realizovat mobilní webovou aplikaci využívající rozšířenou realitu. Umístování digitálních prvků mělo být uskutečněno pomocí speciálních značek, nebo pomocí geolokačních technologií. Aplikace by měl být dostatečně originální a mít reálné uplatnění.

Tato práce v teoretické části splňuje potřebné požadavky. Na začátku byla popsána a charakterizována technologie rozšířené reality, včetně různých typů, příkladů použití v reálném světě, stručné historie a porovnání s jinými typy realit. Dále byli definovány pojmy mobilní, webové a mobilní webová aplikace, jejich rozdíly, výhody a nevýhody a možnosti z hlediska technologií rozšířené reality. V poslední části teorie je, za pomoci předchozích definic a znalostí, popsáno využití rozšířené reality v mobilních webových aplikacích, především pak analýza webových API využívaných pro zobrazování digitálních prvků v prostředí reálného světa a popis dostupných knihoven pro vytváření trojrozměrné grafiky a virtuální nebo rozšířené reality, včetně jejich podpory ve známých webových prohlížečích.

V praktické části byla navržena mobilní webová aplikace využívající rozšířenou realitu pomocí značkové (Marker-based) AR. Aplikace nese název ARt, (AR – Augmented Reality, Art – umění) a umožňuje zobrazování digitálních prvků (obrazů/maleb) v reálném prostředí uživatele. Tato aplikace funguje čistě v rámci webového prohlížeče, tudíž je kompatibilní s různými typy zařízení a je plně optimalizována pro použití v mobilních telefonech. Cíl praktické části byl tedy splněn, protože aplikace využívá povolený způsob vytváření rozšířené reality a je dostupná ve webovém prohlížeči a optimalizovaná pro mobilní telefony.

Inovace této aplikace spočívá v originalitě tématu, které se zabývá obrazovými uměleckými díly, a ve způsobu implementace aplikace samotné. Uživatel si může prohlížet známá umělecká díla v libovolném prostředí, bez nutnosti stahování a instalace, protože aplikace je dostupná ve webovém prohlížeči. Zároveň je uživateli umožněno si vytvořit vlastní virtuální galerii a přidávat vlastní umělecká díla. Celé toto řešení je například velice vhodné pro virtuální prohlídky galerií, nebo pro jednotlivé umělce, kteří chtějí zajímavým způsobem sdílet své výtvořky.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] THOMAS, Alsop. *Number of mobile augmented reality (AR) active user devices worldwide from 2019 to 2024*. Online. 22. 5. 2024. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/1098630/global-mobile-augmented-reality-ar-users/>. [cit. 2024-08-18].
- [2] TEMPEST CLOCK. *Compatibility Chart*. Online. Dostupné z: <https://tempestclock.com/pages/compatibility-chart>. [cit. 2024-08-18].
- [3] AZUMA, Ronald. A Survey of Augmented Reality. Online. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 1997, roč. 6, č. 4, s. 355–385. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>. [cit. 2024-07-12].
- [4] AIRCARDS. *Markerless vs. Marker-based AR with Examples*. Online. Dostupné z: <https://www.aircards.co/blog/markerless-vs-marker-based-ar-with-examples>. [cit. 2024-05-07].
- [5] IPPOLITO, Alfonso a CIGOLA, Michela. *Handbook of Research on Emerging Technologies for Digital Preservation and Information Modeling*. Information Science Reference, 2016. ISBN 9781522506805.
- [6] WEINSTEIN, David. *What Is Extended Reality?* Online. 20. 5. 2022. Dostupné z: <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=nvidia>. [cit. 2024-05-07].
- [7] BAUER, David; SCHEIBLER, Anne-Gita; ; GÖTSCHI, Tobias; FÜRNSTAHL, Philipp et al. Augmented reality in the operating room: a clinical feasibility study. Online. *BMC Musculoskelet Disord*. Article 451. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s12891-021-04339-w>. [cit. 2024-05-07].
- [8] SIMPLILEARN. *What is Application Software? (With Examples)*. Online. 10. 4. 2024. Dostupné z: <https://www.simplilearn.com/tutorials/programming-tutorial/what-is-application-software>. [cit. 2024-05-07].

- [9] GOMEZ, Jose. *Website Vs. Web Application: Understanding the Differences*. Online. 26. 4. 2024. Dostupné z: <https://www.koombea.com/blog/website-vs-web-application/>. [cit. 2024-05-07].
- [10] MOZILLA CORPORATION. *Progressive web apps*. Online. Dostupné z: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/Progressive_web_apps. [cit. 2024-05-07].
- [11] MOZILLA CORPORATION. *SPA (Single-page application)*. Online. Dostupné z: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Glossary/SPA>. [cit. 2024-05-07].
- [12] MAKAROV, Andrew. *Augmented Reality Development: Guide for Business Owners and Managers*. Online. Dostupné z: <https://mobidev.biz/wp-content/uploads/2020/05/augmented-reality-development-guide.pdf>. [cit. 2024-05-07].
- [13] ROCK PAPER REALITY LLC. *WebAR vs Apps | Why Web-based AR Outperforms Apps*. Online. 7. 5. 2021. Dostupné z: <https://rockpaperreality.com/insights/web-ar/why-web-based-ar-outperforms-apps/>. [cit. 2024-05-07].
- [14] REZA SAEIDNIA, Hamid; GHORBI, Ali; ABDOLI, Shadi a KOZAK, Marcin. *Web-based Application Programming Interface (Web APIs): Vacancies in Iranian Public Library Websites*. Online. 2022, s. 133-141. Dostupné z: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14704/WEB/V19I1/WEB19010>. [cit. 2024-05-07].
- [15] MOZILLA CORPORATION. *WebGL: 2D and 3D graphics for the web*. Online. Dostupné z: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebGL_API. [cit. 2024-05-07].
- [16] CAN I USE. *WebGL 2.0*. Online. Dostupné z: <https://caniuse.com/webgl2>. [cit. 2024-05-07].
- [17] CAN I USE. *WebGL - 3D Canvas graphics*. Online. Dostupné z: <https://caniuse.com/?search=webgl>. [cit. 2024-05-07].
- [18] CAN I USE. *WebXR Device API*. Online. Dostupné z: <https://caniuse.com/webxr>. [cit. 2024-05-07].

- [19] PM CONSULTING S.R.O. *Nefunkční požadavky*. Online. Dostupné z: <https://www.pmconsulting.cz/slovníkovy-pojem/nefunkcni-pozadavky/>. [cit. 2024-05-07].
- [20] HARTINGER, David. *Lekce 2 - UML - Use Case Diagram*. Online. Dostupné z: <https://www.itnetwork.cz/navrh/uml/uml-use-case-diagram>. [cit. 2024-05-07].
- [21] IT-SLOVNIK.CZ. *Co je to Layout?* Online. Dostupné z: <https://it-slovník.cz/pojem/layout>. [cit. 2024-05-07].
- [22] LIU, Jialiang. *Evolution of AR Technology*. Online. Dostupné z: <https://courses.cs.washington.edu/courses/cse490h1/19wi/exhibit/ar-tech.html>. [cit. 2024-05-07].
- [23] FOYLE, David; ANDRE, Anthony a HOOEY, Becky. *Situation Awareness in an Augmented Reality Cockpit: Design, Viewpoints and Cognitive Glue*. Online. 2005. Dostupné z: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:17060144>. [cit. 2024-05-07].
- [24] ARETE PROJECT. *Markerless vs Marker-based - Augmented Reality (AR)*. Online. Dostupné z: <https://www.aretoproject.eu/newsevents/body,493507,en.html>. [cit. 2024-05-07].
- [25] INTER IKEA SYSTEMS B.V. *IKEA Place app launched to help people virtually place furniture at home*. Online. 12. 9. 2017. Dostupné z: <https://www.ikea.com/global/en/newsroom/innovation/ikea-launches-ikea-place-a-new-app-that-allows-people-to-virtually-place-furniture-in-their-home-170912/>. [cit. 2024-05-07].
- [26] LOCATIFY. *Location Based Augmented Reality Apps (AR & RTLS)*. Online. Dostupné z: <https://locatify.com/blog/location-based-augmented-reality-apps-2017-rtls-ar/>. [cit. 2024-05-07].
- [27] POGHOSYAN, Shushan. *An example of Projection-based AR in Geography Class*. Online. In: . 2019. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/An-example-of-Projection-based-AR-in-Geography-Class_fig3_331181344. [cit. 2024-05-07].

- [28] HUGHES-CASTLEBERRY, Kenna. *How Do Augmented Reality Overlays Work?* Online. 9. 6. 2022. Dostupné z: <https://digitaltwininsider.com/2022/06/09/how-do-augmented-reality-overlays-work/>. [cit. 2024-05-07].
- [29] MAPBOX. *Lining up AR features while weaving through traffic with the Vision SDK*. Online. MEDIUM. 30. 4. 2019. Dostupné z: <https://blog.mapbox.com/lining-up-ar-features-while-weaving-through-traffic-with-the-vision-sdk-661c28363da4>. [cit. 2024-05-07].
- [30] FURUNO ELECTRIC CO., LTD. Online. Dostupné z: <https://www.furuno.it/lang--en--art--ENVISION--ENVISION+AR+Navigation+System.html>. [cit. 2024-05-07].
- [31] ACCUVEIN, INC. *AccuVein Vein Visualization System*. Online. Dostupné z: <https://www.accuvein.com/vein-visualization-system/>. [cit. 2024-05-07].
- [32] LIGHTGUIDE, INC. *6 Uses of Augmented Reality for Manufacturing In Every Industry*. Online. 23. 2. 2022. Dostupné z: <https://www.lightguidesys.com/resource-center/blog/6-uses-of-augmented-reality-for-manufacturing-in-every-industry/>. [cit. 2024-05-07].
- [33] MIMS. *Optimising glycaemic control with FreeStyle Libre™ for better patient management*. Online. 15. 9. 2021. Dostupné z: <https://www.mims.com/specialty/topic/optimising-glycaemic-control-with-freestyle-libre--for-better-patient-management>. [cit. 2024-05-07].
- [34] PCMAG. *Hybrid mobile app*. Online. Dostupné z: <https://www.pcmag.com/encyclopedia/term/hybrid-mobile-app>. [cit. 2024-05-07].
- [35] STEVENS, Emily. *What's the Difference Between a Mobile App and a Web App?* Online. 24. 5. 2023. Dostupné z: <https://careerfoundry.com/en/blog/web-development/what-is-the-difference-between-a-mobile-app-and-a-web-app/>. [cit. 2024-05-07].
- [36] L'ORÉAL S.A. *L'Oréal's Modiface Brings AI-powered Virtual Makeup Try-on To Amazon*. Online. Dostupné z: <https://www.loreal.com/en/articles/science-and-technology/l-oreal-modiface-brings-ai-powered-virtual-makeup-try-ons-to-amazon/>. [cit. 2024-05-07].

[37] 8TH WALL, INC. *A Week in WebAR: Automotive Edition*. Online. 11. 8. 2020.

Dostupné z: <https://www.8thwall.com/blog/post/41172151074/a-week-in-webar-automotive-edition>. [cit. 2024-05-07].

[38] UNITEAR. *Augmented Reality for Museums and Art Galleries*. Online. 15. 7. 2021.

Dostupné z: <https://www.unitear.com/blog/augmented-reality-for-museums-and-art-galleries>. [cit. 2024-05-07].