

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE  
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY**

Evidenčné číslo: Sem vložte evidenčné číslo

**NÁZOV PRÁCE  
VYBERTE TYP PRÁCE**

# **SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE**

## **FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY**

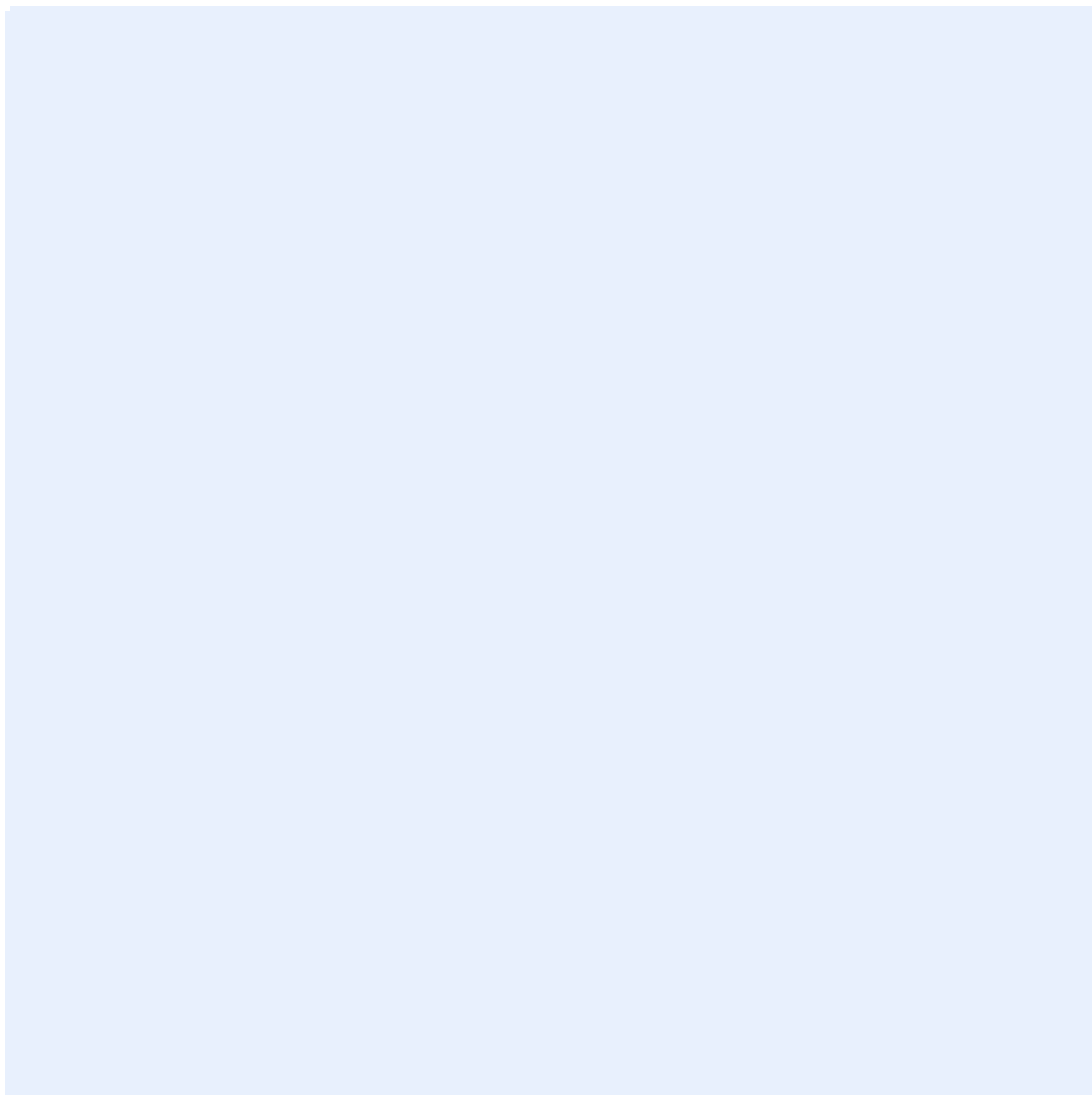
Evidenčné číslo: Sem vložte evidenčné číslo

### **NÁZOV PRÁCE**

### **VYBERTE TYP PRÁCE**

Študijný program :	Aplikovaná informatika
Číslo študijného odboru:	2511
Názov študijného odboru:	9.2.9 Aplikovaná informatika
Školiace pracovisko:	Ústav informatiky a matematiky
Vedúci záverečnej práce:	Meno vedúceho
Konzultant ak bol určený:	Meno konzultanta

**Sem      vložte      zadanie      z      AIS**



# SÚHRN

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE  
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Študijný program :	Aplikovaná informatika
Vyberte typ práce	Vložte názov práce.
Autor:	Meno autora
Vedúci záverečnej práce:	Meno vedúceho
Konzultant ak bol určený:	Meno konzultanta
Miesto a rok predloženia práce:	Bratislava 2017

Vložte text súhrnu, ktorý obsahuje informáciu o cieľoch práce, jej stručnom obsahu a v závere abstraktu sa charakterizuje splnenie cieľa, výsledky a význam celej práce. Píše sa súvisle ako jeden odsek a jeho rozsah je spravidla 100 až 500 slov

Kľúčové slová: Sem vložte 3 - 5 kľúčových slov

# ABSTRACT

SLOVAK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IN BRATISLAVA  
FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND INFORMATION  
TECHNOLOGY

Study Programme:	Applied Informatics
Bachelor Thesis:	Vložte názov práce.
Autor:	Meno autora
Supervisor:	Meno vedúceho
Consultant:	Meno konzultanta
Place and year of submission:	Bratislava 2017

Vložte text súhrnu, ktorý obsahuje informáciu o cieľoch práce, jej stručnom obsahu a v závere abstraktu sa charakterizuje splnenie cieľa, výsledky a význam celej práce. Píše sa súvisle ako jeden odsek a jeho rozsah je spravidla 100 až 500 slov

Key words: Sem vložte 3 - 5 kľúčových slov

# Vyhlásenie autora

**Vyberte Vložte Vaše meno** čestne vyhlasujem, že som **Vyberte typ práce Vložte názov práce Vyberte** na základe poznatkov získaných počas štúdia a informácií z dostupnej literatúry uvedenej v práci.

Uvedenú prácu som **Vyberte** pod vedením **Vložte meno vedúceho práce**.

V Bratislave dňa 10.04.2017

.....

podpis autora

# Pod'akovanie

Sem môžete vložiť ďakovný text. Spravidla sa ďakuje vedúcemu práce, prípadne konzultantovi. Pod'akovanie nie je povinná súčasť práce.

# Obsah

<b>Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>1 Rozšírená realita.....</b>	<b>2</b>
1.1 Definícia pojmov .....	2
1.1.1 Rozšírená realita .....	2
1.1.2 Virtuálna realita.....	3
1.1.3 Rozšírená realita verzus virtuálna realita .....	3
1.2 Typy AR .....	4
1.2.1 Marker AR.....	4
1.2.2 Markerless AR.....	5
1.3 Spôsob zobrazenia AR.....	6
1.3.1 Optika.....	6
1.3.2 Video .....	7
1.3.3 Projekcia.....	8
1.4 Oblasti využitia AR .....	9
1.4.1 Školstvo.....	9
1.4.2 Architektúra.....	9
1.4.3 Armáda .....	9
1.4.4 Doprava .....	9
1.4.5 Internetový obchod.....	9
1.4.6 Herný priemysel .....	9
1.5 Úspešné AR hry .....	9
1.6 Uskutočnené experimenty.....	9
<b>2 Scenár hry .....</b>	<b>10</b>
2.1 Pravidlá písania herných scenárov.....	10
2.2 Návrh scenára .....	10
2.2.1 Scenár hry.....	10
<b>3 Opis riešenia.....</b>	<b>13</b>
3.1 Predpoklady .....	13
3.1.1 Používateľom definované značky .....	13



3.1.2	Vytvorenie a spravovanie online databázy značiek.....	13
3.1.3	Použitelnosť v mobilných zariadeniach.....	13
3.1.4	Kvalitné rozpoznávanie obrazových značiek .....	13
3.1.5	Zobrazenie textu na značky.....	14
3.2	Vývojové prostredie.....	14
3.2.1	Klientska časť.....	14
3.2.2	Serverová časť.....	14
3.3	Testovacie zariadenia.....	14
3.3.1	LG V10.....	14
3.4	Dostupné riešenia.....	15
3.4.1	Vuforia .....	15
3.4.2	EasyAR .....	16
3.4.3	Wikitude .....	16
3.4.4	ARToolKit.....	17
3.4.5	Kudan .....	17
3.4.6	Maxst.....	17
3.4.7	Xzing.....	18
3.4.8	NyARToolkit.....	19
3.4.9	Porovnanie riešení .....	19
3.5	Vuforia.....	20
3.5.1	Spracovanie obrázkov .....	20
3.5.2	Hodnotenie obrázkov .....	21
3.6	Návrh aplikácie .....	23
3.7	Serverová časť .....	23
3.8	Klientska časť Web.....	24
3.9	Klientska časť Aplikácia.....	24
3.9.1	Minimálna verzia SDK.....	24
3.10	Testovanie.....	24
<b>Záver</b>	.....	<b>25</b>
<b>Zoznam použitej literatúry</b>	.....	<b>26</b>
<b>Prílohy</b>	.....	<b>I</b>
<b>Príloha A: Štruktúra elektronického nosiča</b>	.....	<b>II</b>



# Zoznam obrázkov a tabuliek

Obrázok 1 Milgramovo kontinuum reality-virtuality .....	3
Obrázok 2 Vykreslenie objektu na marker .....	5
Obrázok 3 Príklad markerov .....	5
Obrázok 4 Príklad technológie založenej na optike (prevzaté z [2]) .....	7
Obrázok 5 Príklad technológie založenej na videu (prevzaté z [2]) .....	8
Obrázok 6 Príklad obrázka s hodnotením 1 z 5 .....	21
Obrázok 7 Príklad obrázka s hodnotením 5 z 5 .....	22
Obrázok 8 Príklad obrázka s opakujúcou sa štruktúrou .....	23
Tabuľka 1 Špecifikácia testovacieho zariadenia LG V10 .....	15
Tabuľka 2 Cenové skupiny pre knižnicu Vuforia .....	15
Tabuľka 3 Cenové skupiny pre knižnicu Wikitude .....	16
Tabuľka 4 Cenové skupiny pre knižnicu Kudan .....	17
Tabuľka 5 Cenové skupiny pre knižnicu Maxst 2D .....	18
Tabuľka 6 Cenové skupiny pre knižnicu Maxst 3D .....	18
Tabuľka 7 Cenové skupiny pre knižnicu Xzimg .....	19
Tabuľka 8 Porovnanie knižníc .....	19
Tabuľka 9 Charakteristické črty pri spracovaní obrázka .....	21

# **Zoznam skratiek a značiek**

AR – Augmented Reality

VR – Virtual Reality

HMD – Head Mounted Displays

POI – Point Of Interest

OS – Operačný Systém

UWP – Universal Windows Platform

SLAM – Simultaneous Localization And Mapping

# Úvod

Postupne ako sa výkon počítačov zvyšoval a ich veľkosť sa zmenšovala, začali sa objavovať nové technologické možnosti, ktoré dnes vnímame a používame úplne bežne. Od počítačov veľkosti jedného poschodia, prišli prvé osobné počítače a následne malé prenosné mobilné zariadenia. Vďaka výkonu, aký dnešné mobilné zariadenia ponúkajú sa čoraz častejšie skloňuje pojem rozšírená realita.

Rozšírená realita dnes prechádza rovnakým vývojom. V súčasnosti je spolu s virtuálnou realitou na veľkom vzostupe a jej možnosti a potenciál sú obrovské. Už dnes sa AR používa v rôznych edukačných aplikáciách, kde si používateľ vie v reálnom čase prezerat' napríklad anatómiu človeka, ktorá by normálne bola len znázornená v knižkách alebo učebniciach. V architektúre si zase môžeme v reálnom čase prezerat' zariadený internet v holej stavbe, alebo rovno celú budovu na mieste, kde raz bude stáť.

Uplatnenie sa samozrejme nájde aj v iných oblastiach, medzi ktorými nemôže chýbať herný priemysel. Už dnes sa môžeme stretnúť s viacerými hrami ktoré využívajú prvky rozšírenej reality. Niektoré s z nich sa tešia veľkej obľube a s postupným vývojom sa stanú bežnou súčasťou moderných aplikácií či hier.

V našej diplomovej práci sa budeme venovať hlavne demonštrácii súčasných možností rozšírenej reality v mobilných zariadeniach. Vďaka vývoju v tejto oblasti dnes existuje už niekoľko dostupných riešení, ktoré je možné požiť pri vývoji rozšírenej reality na mobilných platformách.

# 1 Rozšířená realita

## 1.1 Definícia pojmov

Pre lepšie pochopenie diplomovej práce je dôležité vysvetliť si základné pojmy, s ktorými sa stretneme, aby nevznikli nedorozumenia vzniknuté zlou znalosťou pojmov.

### 1.1.1 Rozšířená realita

Rozšířená realita je technológia, ktorá kombinuje počítačom generovaný obsah s reálnym svetom v reálnom čase. Sústreďuje sa hlavne na posilnenie ľudských zmyslov pridaním dodatočných informácií. Technicky je táto technológia dosiahnutá umiestnením počítačovej grafiky do zorného poľa používateľa pomocou rôznych optických zariadení, ktoré kombinujú realitu a virtuálne obrázky, alebo objekty. [1]

Niektoré výskumy definujú AR ako technológia, ktorá vyžaduje použitie displejov umiestnených na hlave (HMD). Aby sme predišli technologickým obmedzeniam, tak všeobecne uznávaná definícia AR podľa Ronalda T. Azuma, vyžaduje tieto tri nasledujúce charakteristiky:

- Kombinácia reálneho a virtuálneho prostredia
- Interaktivita v reálnom čase
- Umiestnenie v 3D

Rozšířená realita však nemusí bezprostredne len rozširovať naše pohľady o virtuálne objekty. Hoci súčasné práce sa zameriavajú hlavne na pridávanie virtuálnych objektov do reálneho sveta, v AR vieme pomocou rôznych grafických vrstiev objekty reálneho sveta aj mazať. Napríklad, ak chceme odstrániť stôl z miestnosti, môžeme použiť virtuálnu náhradu steny, ktorá sa nachádza za stolom a použiť ju na prekrytie stola. Samozrejme, zamaskovanie takéhoto stolu interaktívne v reálnom čase je veľmi náročné. Pre zvýšenie výkonu však takáto virtuálna stena nemusí byť úplne fotorealistická.

Okrem obohatenia reality o rôzne grafické, virtuálne objekty, vie rozšířená realita obohatiť aj iné zmysly. Jedným takýmto príkladom môže byť zvuk. Používateľ môže mať založené slúchadlá s mikrofónom, ktoré vytvárajú syntetický, smerovaný 3D zvuk, zatiaľ čo mikrofón môže analyzovať zvuk z okolia. Ďalším príkladom môžu byť rukavice, ktoré poskytujú spätnú väzbu z okolitého prostredia. [2]

### 1.1.2 Virtuálna realita

Definícia virtuálnej reality pochádza, prirodzene z definície slov ‘virtuálny’ a ‘realita’. Virtuálny znamená blízky niečomu a realita je to, čo prežívame ako ľudské bytosti. Takže definícia výrazu virtuálna realita v jednoduchosti znamená blízko realite. To môže samozrejme znamenať hocičo, ale v tomto špecifickom type ide o simuláciu reálneho sveta.

Svet vnímame pomocou našich zmyslov. V škole sme sa učili, že máme 5 zmyslov: chuť, čuch, zrak, sluch a hmat. Tieto sú však len naše zmyslové orgány. Pravdou je, že ľudia majú množstvo iných zmyslov, ako napríklad zmysel pre udržanie rovnováhy.

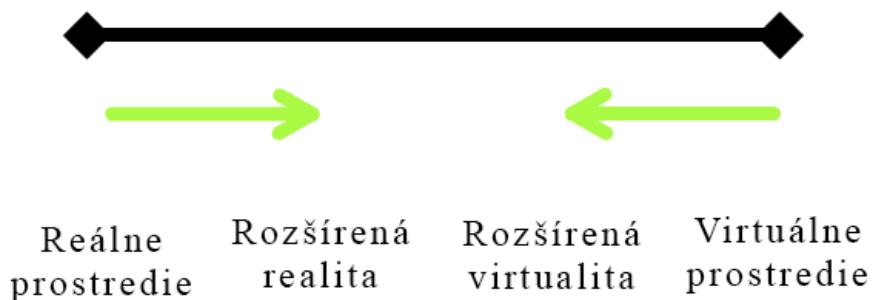
Všetko čo vieme o našej realite vnímame pomocou našich zmyslov. Inými slovami, naše vnímanie reality je len jednoduchou kombináciou informácii z našich zmyslov a následne ich spracovaním naším mozgom.

Čiže virtuálna realita nám vytvára počítačom generované prostredie, ktoré môžeme spoznávať a vnímať pomocou našich zmyslov. Z technického pohľadu je virtuálna realita trojdimenzionálne, počítačom generované prostredie. Osoba ja stane súčasťou virtuálneho sveta, kde môže manipulovať s objektami a vykonávať rôzne akcie. [3]

Technicky je v súčasnosti sprostredkovaná technológia pomocou rôznych HMD a jej cieľom je vytvoriť virtuálne prostredie, ktoré nebudeme vedieť rozoznať od reality.

### 1.1.3 Rozšírená realita verzus virtuálna realita

Pojmy rozšírená a virtuálna realita sa často mýlia. Sú voči sebe inverzné v zmysle technológie, akou vytvárajú a poskytujú obsah používateľovi. Virtuálna realita poskytuje digitálne vytvorený reálny svet, zatiaľ čo rozšírená realita vytvára vrstvu nad reálnym svetom, kde umiestňuje rôzne virtuálne objekty.



Obrázok 1 Milgramovo kontinuum reality-virtuality

Obidve reality využívajú podobné technológie. Vo väčšine prípadov sú to hlavne HMD, alebo im podobné technológie. Rovnako tak majú obidve reality veľký potenciál v zábavnom priemysle. Kým v minulosti boli podobné technológie považované za fikciu, v súčasnosti existujú umelé svety, ktoré sú pod kontrolou používateľa a poskytujú mu rôzne rozšírené vrstvy, ktoré vzájomne reagujú s reálnym svetom. Rozšírená a virtuálna realita majú taktiež potenciál aj v zdravotníctve.

Rozdiel v technológiách je hlavne v tom ako pracujú. Rozšírená realita obohacuje realitu pridaním virtuálnych komponentov ako obrázky, texty a grafika, ktoré vytvárajú novú vrstvu interaktívnu s reálnym svetom. Virtuálna realita vytvára svoju vlastnú realitu, ktorá je kompletne generovaná a dodávaná počítačom. [4]

## 1.2 Typy AR

AR môžeme rozdeliť na veľa rôznych kategórii. V našej práci sa budeme venovať hlavne tým, ktoré sú pre prácu dôležité. Rozdelenie na marker a markerless AR je jedno z najnákladnejších.

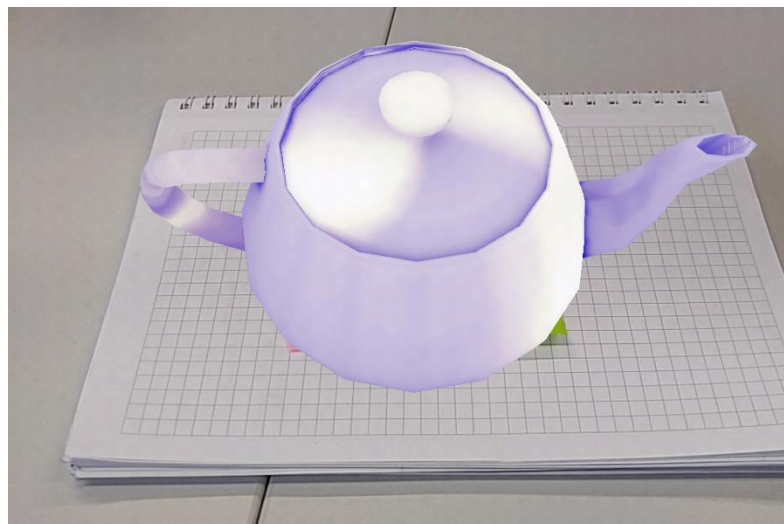
### 1.2.1 Marker AR

Tento typ AR je považovaný za skutočnú AR, pretože sleduje objekty v reálnom svete. [5]. Podľa profesora Geromienka je úlohou AR hlavne dopĺňanie virtuálnych objektov do reálneho sveta a preto nie je dôvod, prečo takto hodnotiť marker AR. Navyše je podľa neho marker len súčasťou určitej technológie a nie formou AR.

Marker je značka, alebo obrázok, ktorý zariadenie nasníma pomocou kamery. Softvér následne rozpozná marker a presne vypočíta pozíciu a orientáciu pre počítačom generovaný objekt, ktorý následne umiestni na marker. [6]

Na displeji zariadenia sa na značke objaví náš virtuálny objekt, ktorý môže byť aj interaktívny. Zariadenie sa pomocou značky dokáže orientovať v priestore tak, že objekt môžeme pozorovať z každej strany. Navyše vieme určovať pomocou vzdialenosti zariadenia k značke aj približnú vzdialenosť a meniť tak veľkosť vykresľovaného 3D objektu. [5]





*Obrázok 2 Vykreslenie objektu na marker*

Marker je väčšinou obrázok s vysokým kontrastom, napríklad QR kód, ktorý je ľahko rozoznateľný kamerou zariadenia. V súčasnosti však prebieha vývoj aj pri markeroch. Technológie nám umožňujú používať používateľom definované značky, ako napríklad tváre ľudí alebo rôzne fotografie budov a podobne. Dostávame sa teda od technických markerov k prirodzeným markerom.

Čiarový kód



QR kód



*Obrázok 3 Príklad markerov*

### **1.2.2 Markerless AR**

Tento typ na rozdiel od Marker AR, nevyužíva markery pre detekciu objektov. Detekcia prebieha pomocou geolokačného systému. Ten funguje na báze GPS, gyroskopu a elektronického kompasu. Zariadenie tak vie na základe svojej polohy, ako je natočené zariadenie vzhľadom k prostrediu. Vďaka takto určenej polohe vieme implementovať virtuálnu vrstvu do reálneho prostredia bez umiestnenia markerov.

Tento typ AR sa väčšinou používa pre zobrazenie POI (Point Of Interests), alebo v preklade bodov záujmu. Za POI sa označujú miesta, ktoré by mohli byť pre používateľa zaujímavé. Veľmi obľúbenými sa preto stali aplikácie typu sprievodca a pod., ktoré vytvárajú nad realitou vrstvu s rôznymi súradnicami a informáciami o zaujímavých miestach v okolí. [5]

## 1.3 Spôsob zobrazenia AR

V AR je veľmi dôležitá technológia zobrazenia, ktorá dokáže skombinovať virtuálny a reálny svet. Existujú dve základné technológie:

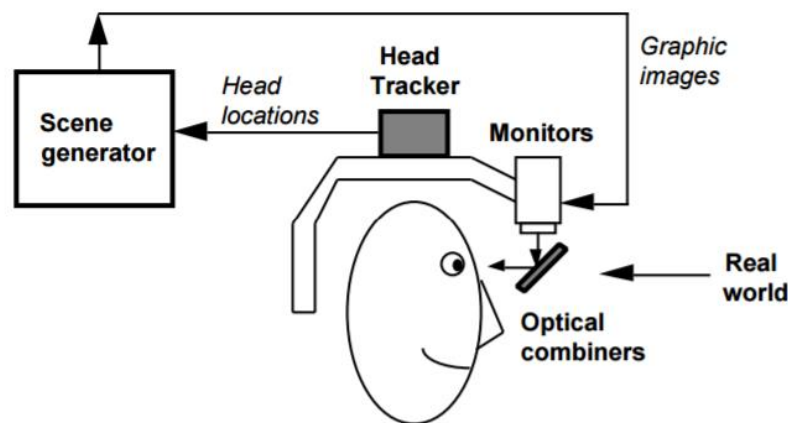
- Technológia na báze optiky
- Technológia na báze videa

Každá z nich má svoje výhody a nevýhody a pre našu prácu je preto dôležité priblížiť si ich základné princípy fungovania. [2]

V poslednej dobe sa dosť rozšírila technológia založená na projekcii. Preto si krátko popíšeme aj túto technológiu.

### 1.3.1 Optika

AR technológia na báze optiky, ktorá sa tiež nazýva „optical see-through“, čo v preklade znamená „pozeráť sa cez optiku“, funguje tak, že optické zariadenie, najčastejšie v podobe HMD je umiestnené pred oči používateľa. Toto optické zariadenie je čiastočne priehľadné, takže sa používateľ môže pozeráť priamo cez neho a vidieť tak reálny svet. Vďaka čiastočnej priehľadnosti a schopnosti odrážať svetlo, vieme na takéto optické zariadenie zobrazovať virtuálnu zložku, napríklad obrázky. [2]



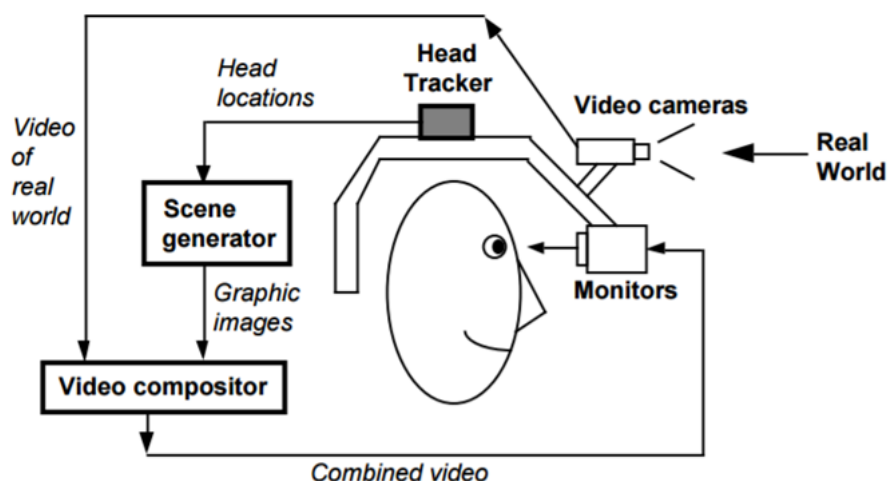
Obrázok 4 Príklad technológie založenej na optike (prevzaté z [2])

Hlavnou výhodou oproti technológii s videom je, že používateľ vidí reálny svet priamo cez displej. Zariadenie pridáva len virtuálnu zložku, čo je oveľa jednoduchšie ako pri druhej technológii. Vďaka tomu, že sa zobrazuje len virtuálna zložka, je zariadenie jednoduchšie na konštrukciu a teda aj lacnejšie. [7]

Na druhej strane, nevýhodou tohto typu AR je, že sa redukuje množstvo prichádzajúceho svetla. [7] Preto by sme pri zhoršených svetelných podmienkach mohli horšie rozoznávať reálne prostredie. Prirovnáť by sme to mohli napríklad pohľadu cez slnečné okuliare. Ďalšou nevýhodou je to, že reálny svet a virtuálna zložka je v inej vzdialenosti, vďaka čomu môžeme mať problém s častým preostrovaním. Tým že zariadenie zobrazuje len virtuálnu zložku, dochádza k časovému rozdielu medzi reálnym svetom a aktualizovaním obrazu virtuálnej zložky. [7]

### 1.3.2 Video

Tak ako technológia založená na báze optiky, sa aj technológia založená na báze videa označuje podobne a to „video see-through“, čo v preklade znamená „pozerať sa cez video“. V praxi to teda znamená, že používateľ má zariadenie, väčšinou typu HMD, ktoré ukrýva displej a jednu, alebo dve kamery v prednej časti. Kamery poskytujú používateľovi pohľad na reálny svet a v kombinácii s virtuálnou zložkou dostaneme obraz kombinovaný z reálneho sveta a virtuálneho. Výsledok sa premieta na displej, ktorý sa nachádza pred zrakom používateľa. [2]



Obrázok 5 Príklad technológie založenej na videu (prevzaté z [2])

Výhodou tejto technológie je, že počítač spracúva rovnaký obraz, aký vidí používateľ. Vďaka tomu nedochádza k oneskoreniu medzi reálnou a virtuálnou zložkou. Keďže pre zobrazenie sa využíva displej, nedochádza k strate svetelnej zložky.

Nevýhodou môže byť to, že parametre oka a kamery sú rôzne, preto nemusíme dostať reálny obraz reálneho sveta. K nevýhode môže taktiež dôjsť pri použití displeja s nižšou hustotou pixelov. [7]

Jednoduchým príkladom tejto technológie môže byť napríklad futbalový zápas v televízore. Kamerami sa sníma hracia plocha, ktorá tvorí reálnu zložku a informácie o čase a výsledku, ktoré sa zobrazujú na displeji tvorí virtuálnu zložku.

Táto technológia je na veľkom vzostupe s vývojom mobilných telefónov, ktoré využívajú vstavanú kameru a displej s vysokou hustotou pixelov. Mobilný telefón stačí už len vložiť do zariadenia typu HMD.

### 1.3.3 Projekcia

Pri projekcii sa reálny svet stáva displejom, na ktorý premietame počítačom generovanú grafiku. Výhodou tejto technológie je, že poskytuje veľký uhol pohľadu (field of view). Projekcia umiestňuje virtuálnu zložku v rovnakej vzdialenosti ako sú objekty v reálnom svete, čomu sa dokážu oči lepšie prispôbiť.

Nevýhodou technológie je, že vyžaduje pozadie, na ktoré sa premieta. Tým pádom je projekcia závislá na kontúry objektu. Projekcia je tiež veľmi závislá aj od svetelných podmienok. [7]

Vo veľkej väčšine prípadov sa technológia projekcie využíva počas noci, prípadne v interiéroch.

## **1.4 Oblasti využitia AR**

### **1.4.1 Školstvo**

### **1.4.2 Architektúra**

### **1.4.3 Armáda**

### **1.4.4 Doprava**

### **1.4.5 Internetový obchod**

### **1.4.6 Herný priemysel**

## **1.5 Úspešné AR hry**

## **1.6 Uskutočnené experimenty**

## 2 Scenár hry

Pred samotným vývojom hry, je veľmi dôležité vytvoriť scenár. Písanie scenáru hry má svoje pravidlá, ktoré si popíšeme v časti 2.5.

### 2.1 Pravidlá písania herných scenárov

### 2.2 Návrh scenára

Na základe pravidiel písania herných scenárov, sme vytvorili scenár pre našu hru. Vzhľadom na kategóriu hry, ktorú chceme vytvoriť, sme niektoré kategórie, ktoré s našou hrou nesúviseli, vynechali.

#### 2.2.1 Scenár hry

##### **Názov**

ARQuiz – predbežný návrh

##### **Žáner**

Kvízy, Pre viacerých hráčov

##### **Verzia**

0.1 – predbežný návrh

##### **Kategória**

ARQuiz je zaujímavá vedomostná hra z kategórie kvízy, ktorá kombinuje rozšírenú realitu s vedomostnými otázkami. Núti a motivuje hráča hľadať otázky v reálnom prostredí a súťažiť s ostatnými hráčmi.

##### **Platforma**

Android

##### **Hlavná myšlienka**

Hráč je vtiahnutý pomocou svojho zariadenia do reálneho sveta, ukrývajúceho otázky na rôznych miestach, ktoré musí nájsť a správne zodpovedať. Vďaka správnym odpovediam sa bude hráč posúvať v online rebríčku vyššie s cieľom skončiť prvý a vyhrať odmenu.

Hra okrem samotného súťaženia dovoľuje súťaže aj vytvárať. Pri vytváraní súťaže sa vyberú miesta a pridajú sa im otázky. Okrem otázok, sa pre lepšiu motiváciu, určí aj odmena pre víťaza súťaže.

## **Herný mechanizmus**

Hráč po zapnutí hry hľadá pomocou svojho zariadenia otázky, ktoré sa nachádzajú na rôznych miestach v reálnom svete. Pri hľadaní mu pomáha mapa, kde má možnosť vidieť miesta, na ktorých sa nachádzajú otázky.

Pre správne zobrazenie otázky, musí hráč nájsť pomocou svojho zariadenia značku, na ktorú bola priradená otázka. Po úspešnom nasmerovaní zariadenia na značku, sa hráčovi zobrazí otázka s možnosťami, z ktorých vyberie jednu správnu odpoveď. Samotná otázka môže byť navyše dostupná len v určitom časovom intervale, preto si musí hráč dávať pozor, aby prišiel v správnom čase.

Po prvej úspešne vyriešenej otázke, si systém vypýta od hráča prezývku, vďaka čomu ho bude systém vedieť identifikovať a zároveň mu sprístupní možnosť pozrieť si aktuálnu tabuľku všetkých hráčov zapojených v súťaži.

Súčasťou hry je aj systém na vytváranie súťaží. V rámci vytvárania súťaže, musí hráč fyzicky prísť na miesta kam chce umiestniť otázky, namieriť zariadenie na značku, na ktorú chce otázku pripnúť a potom do formulára zadať samotnú otázku s možnosťami. Na záver sa už len zadefinuje odmena pre víťaza.

## **Licencie**

Zatiaľ nedefinované.

## **Cieľové publikum**

Cieľové publikum sú hráči oboch pohlaví starí 15 a viac rokov. Jednoduché a intuitívne ovládanie pomáha, aby bola hra vhodná takmer pre každého, kto sa jej bude chcieť zúčastniť. Vďaka jednoduchému užívateľskému rozhraniu sa hru naučia ovládať hráči veľmi rýchlo.

## **Cieľový hráč**

Náš cieľový hráč musí byť vo všeobecnosti hlavne fanúšik vedomostných a z časti aj dobrodružných hier, ktorý rád bojuje svojimi schopnosťami proti ostatným hráčom.

ARQuiz je hlavne o putovaní a objavovaní miest, kde by hráč mohol objaviť nových kamarátov, ktorí sa rovnako ako on snažia poraziť svojich súperov a nové otázky, vďaka ktorým môže objaviť a naučiť sa veľa nových informácií.

Cieľom hry je teda vytvoriť hráčovi interaktívnu rozšírenú realitu, kde odmena za víťazstvo a súťaženie medzi hráčmi, bude motiváciou pre objavovanie nových miest s otázkami.

## **Hlavné herné prvky**

Zatiaľ nedefinované.

### **Ovládanie**

Pre čo najjednoduchšie ovládanie sa hra ovláda výlučne dotykmi. Tlačidlá s jednoduchými popismi intuitívne navigujú hráča naprieč hrou. V hre sa nenachádzajú žiadne tlačidlá vyžadujúce extra reakcie, alebo kombináciu viacerých dotykov, vďaka čomu hru dokážu všetci hráči ovládať bez problémov.

### **Záver**

Zatiaľ nedefinované



## **3 Opis riešenia**

### **3.1 Predpoklady**

Pred samotným návrhom riešenia je najlepšie určiť si základné predpoklady, ciele, ktoré chceme, aby naša aplikácia spĺňala. Na základe týchto predpokladov, budeme vedieť ľahšie vybrať správne riešenie pre našu aplikáciu.

#### **3.1.1 Používateľom definované značky**

Naše riešenie by malo byť schopné vytvárať značky z používateľom definovaných obrázkov či fotiek. Najjednoduchším spôsobom by malo byť zhotovenie fotografie, ktorú by systém zanalyzoval z pohľadu, či je tento obrázok vhodný, respektíve by systém zobrazil v určitom meradle kvalitu, na koľko je obrázok vhodný.

#### **3.1.2 Vytvorenie a spravovanie online databázy značiek**

Vzhľadom k tomu, že naša aplikácia bude pre viacerých hráčov a obsah sa bude pravidelne meniť, by mala byť databáza značiek umiestnená na internete. Tam by sa mali dať jednoducho pridávať, odoberať, alebo meniť. To nám zabezpečí, že databáza obrázkov, značiek, nemusí byť umiestnená v zariadení.

#### **3.1.3 Použitelnosť v mobilných zariadeniach**

Naša aplikácia bude bežať na mobilnom telefóne, preto by naše riešenie nemalo byť hardvérovo náročné, aby šla aplikácia plynule, bez problémov a na čo najväčšom počte zariadení.

#### **3.1.4 Kvalitné rozpoznávanie obrazových značiek**

Značky, ktoré bude používať naša aplikácia môžu byť umiestnené pod rôznymi uhlami, v rôznych vzdialenostiach, alebo v rôznych svetelných podmienkach. Preto by naše riešenie malo pri vývoji počítat s týmito podmienkami. Aby sme si boli istý, že naše riešenie spĺňa tieto predpoklady, po implementácii ju otestujeme.

### 3.1.5 Zobrazenie textu na značky

Cieľom a hlavným prvkom našej aplikácie bude zobrazenie textu na používateľom definovanej značky. Preto by v prvom rade mala naša aplikácia vedieť kvalitne zobraziť rôzne texty na značkách tak, aby ich používatelia vedeli ľahko prečítať.

## 3.2 Vývojové prostredie

### 3.2.1 Klientska časť

Našu prvú časť klientskej aplikácie sme sa rozhodli vyvíjať v developerskom programe Android Studio, vo verzii 2.2, ktorý umožňuje vývoj aplikácii na zariadení s operačným systémom Android. Android studio je určené výhradne na vývoj aplikácie s týmto operačným systémom, pričom má v sebe aj integrovanú podporu pre verziovanie našej aplikácie.

Druhú časť klientej aplikácie sme sa rozhodli vyvíjať v developerskom programe PhpStorm od firmy JetBrains, ktorý je určený na vývoj webových aplikácii, hlavne v programovacom jazyku PHP a navyše je pre študentov zadarmo.

### 3.2.2 Serverová časť

Vzhľadom nato, že naša aplikácia sa bude pripájať na server, odkiaľ si bude sťahovať potrebné dáta, je nutné vytvoriť aj serverovú časť nášho projektu. Pre vývoj tejto časti sme sa rozhodli použiť rovnaký program ako v druhej časti klientskej aplikácie, PhpStorm.

## 3.3 Testovacie zariadenia

### 3.3.1 LG V10

Názov zariadenia	LG V10
OS	Android 6.0.1
Chipset	Qualcomm Snapdragon 808
Procesor	8 jadrový 4x1.4GHz Cortex-A53 a 4x1.8GHz Cortex-A57
Grafický procesor	Adreno 418
RAM	4 GB

Pamäť	32 GB
Displej	IPS LCD 5,7“ 1440x2560px
Zadný fotoaparát	16Mpix, svetelnosť f/1.8
Predný fotoaparát	5Mpix, svetelnosť f/2.2

Tabuľka 1 Špecifikácia testovacieho zariadenia LG V10

## 3.4 Dostupné riešenia

Pre platformu Android existuje niekoľko riešení, ktoré pomáhajú aplikovať AR do mobilných zariadení. Preto si v nasledujúcej sekcii popíšeme dostupné riešenia a na záver si porovnáme výhody a nevýhody popísaných riešení v spoločnej tabuľke. Na základe porovnaní a popisu dostupných riešení sa rozhodneme, či využijeme niektorú z dostupných možností, alebo sa pokúsime vyvinúť vlastné riešenie.

### 3.4.1 Vuforia

Vuforia patrí k populárnej platforme, ktorá pomáha pri vývoji a práci s rozšírenou realitou. Medzi podporované platformy, na ktorých sa dá pracovať s touto knižnicou patria: Android, iOS, UWP a Unity.

Hlavné funkcie knižnice sú: rozpoznávanie rôznych typov vizuálnych objektov ako napríklad kocka, valec, alebo rovina, rozpoznávanie textu a prostredia, VuMark (kombinácia obrázku a QR kódu). Vuforia taktiež obsahuje skener objektov, pomocou ktorých môžeme z naskenovaných objektov vytvoriť značky.

Na oficiálnej stránke knižnice Vuforia sa nachádzajú ukážkové projekty pre všetky podporované platformy, ktoré uľahčujú vývoj.

Všetky podporované funkcie sú dostupné zadarmo, pri použití vodoznaku loga knižnice. Limitmi sú len počet VuMark-ov a počet rozpoznávaní pri použití cloud riešenia.

Cenové skupiny

Developer	Classic	Cloud	Pro
1000 cloud rozpoznaní / mesiac	-	100 cloud rozpoznaní / mesiac	Cloud rozpoznaní > 1000 / mesiac
1000 objektov		100 000 objektov	> 100 000 objektov
Zadarmo	499\$ / jednorazovo	99\$ / mesiac	Dohodou

Tabuľka 2 Cenové skupiny pre knižnicu Vuforia

### 3.4.2 EasyAR

Knižnica EasyAR je výbornou alternatívou k Vuforia, ktorá je navyše zadarmo. Podporuje v podstate všetky známe platformy ako Android, iOS, UWP, Windows, Mac a Unity.

V súčasnej verzii (1.3.1) podporuje knižnica len rozpoznávanie obrázkov. Čoskoro však vychádza verzia 2.0, ktoré bude podporovať rozpoznávanie 3D objektov, interakciu s prostredím, cloud službu na rozpoznávanie a riešenia pre inteligentné okuliare.

Knižnica je úplne zadarmo. Pre použitie knižnice sa stačí len zaregistrovať a vygenerovať kľúč. Na oficiálnej stránke knižnice sa nachádza dokumentácia aj s názornými ukážkami pre uľahčenie vývoja.

### 3.4.3 Wikitude

Wikitude nedávno vydal novú verziu svojej knižnice pre rozšírenú realitu, konkrétne Wikitude SDK 6. Podporované platformy sú Android, iOS a inteligentné okuliare.

Knižnica Wikitude v sebe implementuje rozpoznávanie obrázkov a ich sledovanie, 3d sledovacia technológia založená na mapovaní SLAM, GEO dáta, cloud služba na rozpoznávanie. Taktiež poskytuje vylepšené rozšírené sledovanie objektov a pokročilé nastavenia kamery.

Knižnica má dostupnú skúšobnú verziu s vodoznakom a plnou funkcionalitou zadarmo.

Cenové skupiny

Pro	Pro 3D	Cloud	Enterprise
Geo	Geo	Geo	Geo
2D rozpoznanie obrázkov	2D rozpoznanie obrázkov	2D rozpoznanie obrázkov	2D rozpoznanie obrázkov
-	3D rozpoznanie obrázkov	3D rozpoznanie obrázkov	3D rozpoznanie obrázkov
-	-	Cloud rozpoznávanie	Cloud rozpoznávanie
-	-	-	Viacero aplikácií
2490€ / rok / aplikácia	2990€ / rok / aplikácia	4490€ / rok / aplikácia	Dohodou

Tabuľka 3 Cenové skupiny pre knižnicu Wikitude

### 3.4.4 ARToolKit

Open source knižnica ARToolKit je podporovaná pre platformy Android, iOS, Linux, Windows, Mac OS a pre inteligentné okuliare.

Knižnica v sebe ukrýva sledovanie polohy/orientácie jednou alebo dvomi kamerami naraz, sledovanie jednoduchých čiernych štvorcov, alebo obrázkov. Taktiež poskytuje kalibráciu kamery.

Veľa variácií a možností tejto knižnice robí vývoj a integráciu obťažnejšou.

### 3.4.5 Kudan

Knižnica kudan patrí podľa rôznych zdrojov k hlavnému rivalovi knižnice Vuforia a snaží sa čo najviac zjednodušiť vývoj rozšírenej reality. Medzi podporované platformy však patria len Android a iOS.

Vďaka použitiu technológie SLAM, dokáže knižnica rozpoznávať jednoduché obrázky ale aj 3D objekty. Kudan má aj nevýhody. Napríklad tzv. Crash Editor, ktorý je paradoxne hlavnou príčinou pádu aplikácie, alebo problémy s testovacím licenčným kľúčom.

Verzia zadarmo je dostupná len pre testovanie aplikácie. Kudan je jednoduchý na integráciu, ale na druhej strane, sú s ním problémy, ak by ju niekto chcel využívať v Unity.

Cenové skupiny

Development	Production License	Volume License
2D / 3D Rozponávanie	2D / 3D Rozpoznávanie	2D / 3D Rozpoznávanie
Zadarmo	1000 £ / rok / aplikácia	Dohoda

Tabuľka 4 Cenové skupiny pre knižnicu Kudan

### 3.4.6 Maxst

Knižnica Maxst je dostupná pre platformy Android, iOS, Windows a Mac OS.

Poskytuje dva hlavné nástroje, ktorými sú rozpoznávanie obrázkov a prostredia. Databáza sa vytvára pomocou online manažéra. Pre skenovanie 3D objektov sa využívajú aplikácie pre Android a iOS. V Unity editore knižnica pracuje iba v 32-bitovej verzii.

Verzia zadarmo sa od tej platenej líši len vodoznakom. Jeho odstránenie však stojí 999\$. Výhodou je veľmi ľahká integrácia a dobrá dokumentácia na oficiálnej stránke.

Cenové skupiny pre Maxst 2D

Zadarmo	Pro
---------	-----

200 objektov	200 objektov
Rozpoznávanie obrázkov	Rozpoznávanie obrázkov
AR video	AR video
Vodoznak	Bez vodoznaku
Zadarmo	999\$ / jeden používateľ

Tabuľka 5 Cenové skupiny pre knižnicu Maxst 2D

### Cenové skupiny pre Maxst 3D

Free	Starter	Pro	Enterprise	Enterprise+
10 objektov	500 objektov	2000 objektov	Bez limitu	Bez limitu
Licencia pre 1 aplikáciu	Bez obmedzenia	Bez obmedzenia	Bez obmedzenia	Bez obmedzenia
Vodoznak	Bez vodoznaku	Bez vodoznaku	Bez vodoznaku	Bez vodoznaku
Zadarmo	50\$ / mesiac	150\$ / mesiac	400\$ / mesiac	6500\$ / licencia pre jedného používateľa

Tabuľka 6 Cenové skupiny pre knižnicu Maxst 3D

### 3.4.7 Xzing

Xzing poskytuje 3 produkty pre prácu s rozšírenou realitou.

- Aplikácia pre rozpoznávanie a sledovanie tvári
- Aplikácia pre rozpoznávanie a sledovanie obrázkov
- Aplikácia pre nahradzovanie tvári, alebo vytváranie make-upu a pod.

Medzi podporované platformy patrí Android, iOS, Windows a podpora je aj pre WebGL technológiu.

Knižnica dovoľuje rozpoznávať jednoduché obrázky a čierno-biele značky. Vytvorenie databázy je čisto na lokálnej báze v editore Unity. Verzia zadarmo je dostupná len pre demonštráciu.

#### Cenové skupiny

Development	Professional
Bez licencie pre aplikáciu	Bez obmedzenia
Vodoznak	Bez vodoznaku
Zadarmo	1600€ / jedna licencia pre používateľa

### 3.4.8 NyARToolkit

NyARToolkit je ako už z názvu napovedá, založená na knižnici ARToolkit. Medzi podporované platformy patrí Android a iOS.

V súčasnosti slúži len na identifikáciu a sledovanie obrázkov. Je to vlastne zjednodušená verzia ARToolkit, ktorá používa rovnaký webový nástroj pre vytváranie databázy. Knižnica sa ľahko integruje, avšak nevýhodou je chýbajúci anglický jazyk.

### 3.4.9 Porovnanie riešení

	Vuforia	EasyAR	Wikitude	ARToolKit	Kudan	MaxST	Xzimg	NyARToolkit
Max. vzdialenosť skenovanie / sledovanie (m)	1.2 / 3.7	0.9 / 2.7	0.8 / 3	3 / 3	0.8 / 3	0.5 / 0.9	0.7 / 5	0.7 / 1
Stabilita pri rozpoznávaní statického objektu	10	7	6	8	10	7	8	5
Stabilita pri rozpoznávaní pohybujúceho objektu	6	3	4	6	6	2	7	3
Min. uhol kamery pri rozpoznávaní	30	35	40	10	30	50	35	45
Min. zobrazená časť pre rozpoznanie objektu	20%	10%	30%	100%	25%	50%	10%	75%
2D rozpoznávanie	✓	✓	✓	✓ (ohraničený)	✓	✓	✓	✓
3D rozpoznávanie	✓	-	✓ (beta)	-	✓	✓	-	-
GEO lokácia	-	-	✓	-	-	-	-	-
Cloud rozpoznanie	✓	-	✓	-	-	-	-	-
SLAM	-	-	✓	-	✓	✓	-	-
Celkové hodnotenie	7.1	4.4	7.5	2.8	6.9	5.2	4.7	3.1

Tabuľka 8 Porovnanie knižníc

Zdroj [8]



## 3.5 Vuforia

Po analýze dostupných riešení sme sa v našej diplomovej práci rozhodli použiť pre vývoj aplikácie, využívajúcej rozšírenú realitu, knižnicu Vuforia. Pre túto knižnicu sme sa rozhodli hlavne z dôvodu, že spĺňa všetky naše predpoklady, ktoré sme si stanovili pri návrhu riešenia, a ktoré sú definované v sekcii 3.1 .

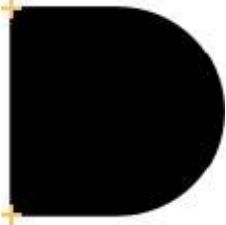
V tejto časti si popíšeme na akom princípe knižnica funguje, ako spracováva používateľom definované značky a tiež ako sa táto knižnica používa. Vzhľadom nato, že táto knižnica nie je open-source, nedokážeme presne určiť ako prebieha samotný proces rozpoznávania obrázkov.

### 3.5.1 Spracovanie obrázkov

Spracovanie obrázkov prebieha tzv. získaním charakteristických črt. Takýmto črtom je ostrý, špicatý detail, ktorý sa nachádza na obrázku. Po spracovaní vznikne súbor takýchto črtov. Cieľom vytvorenia kvalitného obrázku, slúžiaceho ako značka, je obrázok, ktorý má veľa takýchto črt a zároveň sa tieto črty neopakujú v pravidelných štruktúrach. Pre lepšie pochopenie prikladám tabuľku, ktorá znázorňuje črtu žltým krížikom.

	Štvorec, ktorý obsahuje 4 charakteristické črty na každom rohu.
	Kruh, ktorý neobsahuje žiadne charakteristické črty, lebo neobsahuje žiadne ostré, alebo špicaté detaily.



	<p>Tento objekt obsahuje iba 2 charakteristické črty na každom z ostrých vrcholov.</p>
---	--

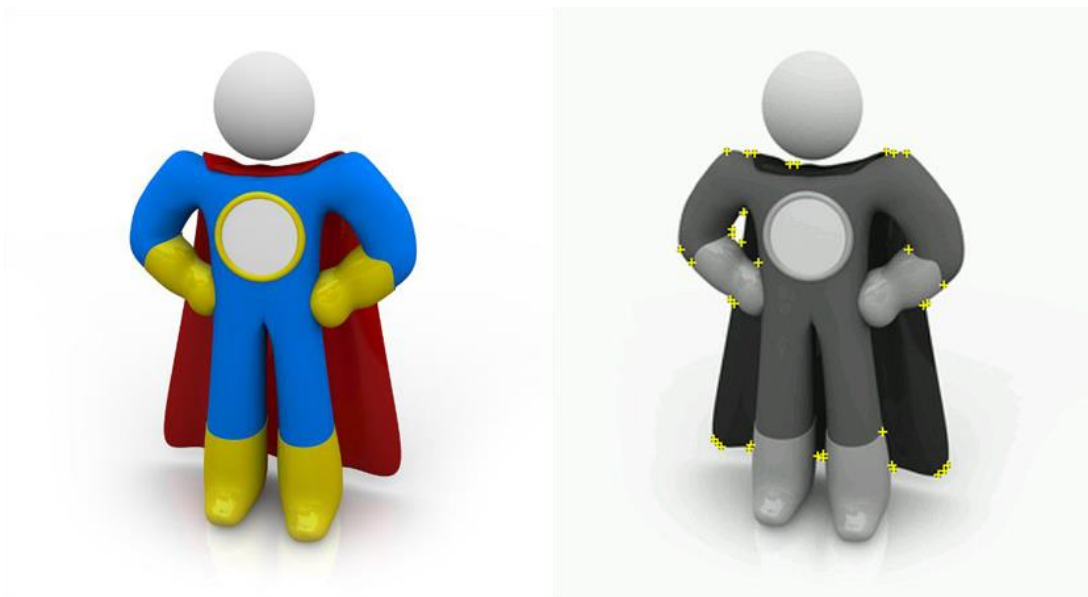
Tabuľka 9 Charakteristické črty pri spracovaní obrázka

Zdroj [9]

### 3.5.2 Hodnotenie obrázkov

Hodnotenie obrázkov definuje ako dobre môže byť obrázok nájdený a sledovaný pomocou knižnice. Toto hodnotenie sa zobrazuje vo webovom manažérovi, kde máme uložené naše obrázky a taktiež nám je vrátené po každom nahratí na web pomocou webového servisu.

V knižnici Vuforia je hodnotenie obrázkov na stupnici od 0 do 5 pre všetky obrázky. Čím vyššie hodnotenie je, tým je náš obrázok ľahšie nájdený a sledovanie stabilnejšie. Hodnotenie 0 znamená že systém nie je schopný nájsť náš obrázok, zatiaľ čo hodnotenie 5 indikuje, že pre systém je nájdenie obrázku jednoduché.

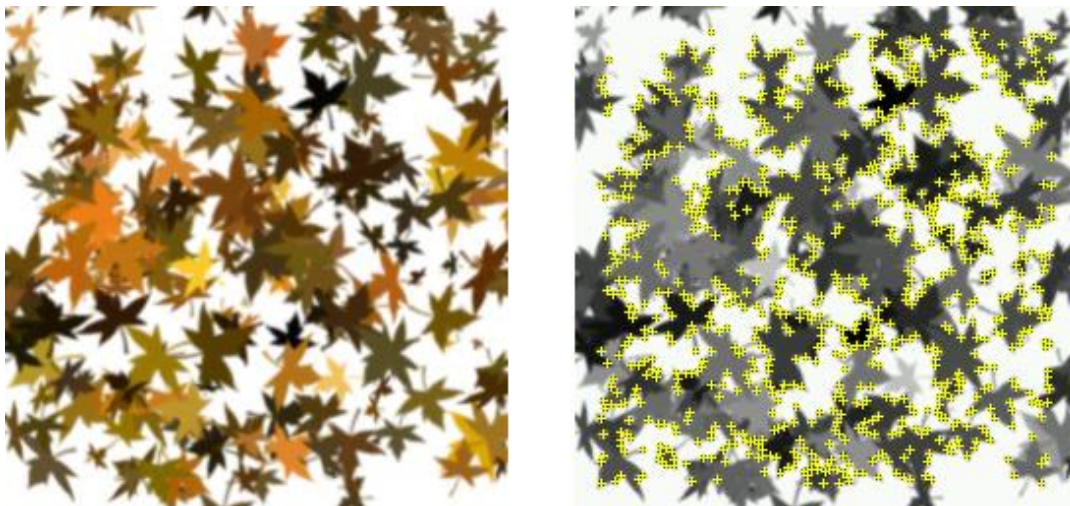


Obrázok 6 Príklad obrázka s hodnotením 1 z 5

Zdroj [9]

Na obrázku č. 6 môžeme vidieť obrázok, ktorý po analýze a zozbieraní charakteristických črt dostal hodnotenie 1 z možných 5. Naľavo sa nachádza pôvodný obrázok a vpravo sa nachádza obrázok po spracovaní, kde môžeme pomocou žltých krížikov

vidieť nájsť charakteristické črty. Nízke hodnotenie vychádza hlavne z dôvodu, že obrázok nemá veľa ostrých detailov v štruktúrach obrázku, ktoré tvoria charakteristické črty podľa tabuľky 9.

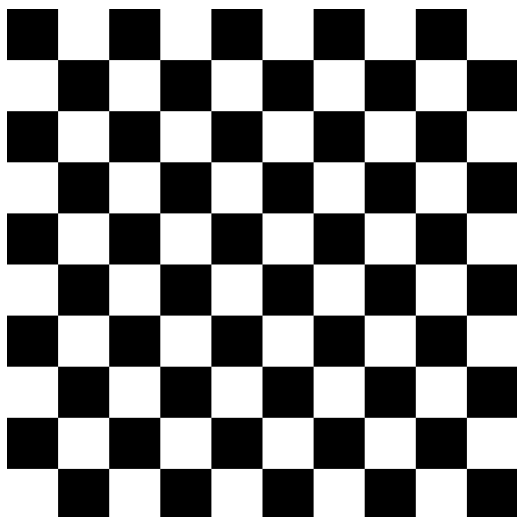


Obrázok 7 Príklad obrázka s hodnotením 5 z 5

Zdroj [9]

V porovnaní s predchádzajúcim obrázkom (obrázok č. 6), vidíme na obrázku č. 7 príklad kvalitného obrázku, ktoré má po analýze celkové hodnotenie 5 z 5. Vysoké hodnotenie je hlavne z dôvodu veľkého počtu charakteristických črt, ktoré sa nachádzajú na obrázku, a ktoré môžeme vidieť označené žltým krížikom.

Kvalitný obrázok s veľkým počtom charakteristických črt však nemusí vždy znamenať, že obrázok bude mať vysoké celkové hodnotenie. Problémom môže byť, ak sa rozptýl charakteristických črt nachádza iba v jednej oblasti na obrázku. Viac vyvážené rozloženie črt, môže zlepšiť hľadanie a sledovanie nášho obrázka. Mali by sme preto vždy dbať, aby boli žlté krížiky roztrúsené po celkom obrázku rovnomerne. V prípade, ak sa nachádzajú len v malej časti obrázka, mali by sme zvážiť orezanie tejto časti, prípadne odstránenie oblastí, kde sa črty nenachádzajú. Iným problémom pri kvalitných obrázkoch môže byť opakujúca sa štruktúra. Hoci obrázok môže obsahovať dostatok charakteristických črt a dobrý kontrast, opakujúce sa vzorky môžu značne brzdiť detekciu a výkon. Príkladom takéhoto obrázku môže byť šachovnica. Pri nej systém napríklad nie je schopný určiť presne aktuálne natočenie obrázku, prípadne to môže zhoršiť presnosť vykreslenia cieľového objektu na presne stanované miesto v obrázku.



Obrázok 8 Príklad obrázka s opakujúcou sa štruktúrou

### 3.6 Návrh aplikácie

Navrhovaná aplikácia beží na platforme Android. Po analýze dostupných riešení, sme sa rozhodli použiť knižnicu Vuforia, ktorá nám poskytla všetko to, čo sme k vývoju našej aplikácie potrebovali.

Z hľadiska architektúry sa naša aplikácia delí na klientsku časť a serverovú. Serverová časť zabezpečuje ukladanie dostupnosť dát pre klienta. Obsahuje databázu používateľmi definovaných značiek, obrázkov. Taktiež obsahuje databázu otázok, používateľov a dát potrebných pre beh aplikácie.

Klientská časť nášho riešenia sa delí na dve časti. Jedna je vo forme mobilnej aplikácie založenej na OS Android. Prijemné používateľské rozhranie zabezpečuje jednoduché a intuitívne ovládanie. Vďaka knižnici Vuforia, vieme jednoducho vkladať objekty, v našom prípade otázky, na dopredu používateľom definovaných značkách do reálneho sveta. Druhá časť je vo forme webovej stránky, ktorá slúži na vytváranie a manažovanie súťaží. Čo zahŕňa vytváranie súťaží, vytváranie otázok, značiek, ich úpravy a zobrazenie aktuálneho rebríčka.

Obidve architektúry si popíšeme v nasledujúcej sekcii detailnejšie.

### 3.7 Serverová časť

### **3.8 Klientska časť Web**

### **3.9 Klientska časť Aplikácia**

#### **3.9.1 Minimálna verzia SDK**

### **3.10 Testovanie**

## **Záver**

V závere je potrebné v stručnosti zhrnúť dosiahnuté výsledky vo vzťahu k stanoveným cieľom.

# Zoznam použitej literatúry

1. **Azuma, Ronald T.** A Survey of Augmented Reality. [Online] [Dátum: 25. Október 2016.] <http://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>.
2. **Augmented Reality as a Medium for Cartography.** [Online] [Dátum: 25. Október 2016.] <http://www.icg.tugraz.at/publications/pdf/ARForCartography>.
3. **What is Virtual Reality?** [Online] [Dátum: 4. November 2016.] <http://www.vrs.org.uk/virtual-reality/what-is-virtual-reality.html>.
4. **Virtual Reality vs. Augmented Reality.** [Online] [Dátum: 4. November 2016.] <http://www.augment.com/blog/virtual-reality-vs-augmented-reality/>.
5. **Madden, Lester.** *Professional augmented reality browsers for smartphones.* 2011. ISBN 978-1-1199-9281-3.
6. **Geroimenko, Vladimir.** *Augmented Reality Technology and Art: The Analysis and Visualization of Evolving Conceptual Models.* 2012. ISBN: 978-0-7695-4771-8.
7. **Henrysson, Anders.** Bringing Augmented Reality to Mobile. [Online] [Dátum: 28. November 2016.] <http://liu.diva-portal.org/smash/get/diva2:16967/FULLTEXT01.pdf>.

# Prílohy

Príloha A: Štruktúra elektronického nosiča ..... II

Prílohy sú „číslované“ písmenami A, B, C...

## **Príloha A: Štruktúra elektronického nosiča**

Štruktúra elektronického nosiča (CD, DVD, atď.) s kompletnou digitálnou verziou tlačenej formy práce, vrátane príloh, funkčných zdrojových kódov, programov (aplikácií) pripravených na inštalovanie a iných, vo všeobecnosti ťažko opísateľných ale potrebných častí. Elektronický nosič musí mať obal, pomocou ktorého sa pevne pripevní do práce. Nosič musí mať popis obsahu a meno autora.