

EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA HOSPODÁRSKEJ INFORMATIKY

Evidenčné číslo: 103004/B/2024/36145806860240900

Využitie rozšírenej reality vo vyučovaní
Bakalárska práca

EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA HOSPODÁRSKEJ INFORMATIKY

Využitie rozšírenej reality vo vyučovaní
Bakalárska práca

Študijný program: Hospodárska informatika

Študijný odbor: Ekonómia a manažment

Školiace pracovisko: Katedra aplikovanej informatiky

Vedúci záverečnej práce: Ing. Mgr. Peter Schmidt, PhD.



Ekonomická univerzita v Bratislave
Fakulta hospodárskej informatiky

ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Meno a priezvisko študenta: Rastislav Neczli
Študijný program: hospodárska informatika (Jednoodborové štúdium, bakalársky I. st., denná forma)
Študijný odbor: ekonómia a manažment
Typ záverečnej práce: Bakalárska záverečná práca
Jazyk záverečnej práce: slovenský
Sekundárny jazyk: anglický

Názov: Využitie rozšírenej reality vo vyučovaní

Anotácia: Autor v BP opíše podstatu rozšírenej reality, jej možnosti a potenciál vo vyučovaní. Zameria sa na technológie ako Unity a Vuforia. Spracuje AR rozšírenie učebnice Informatika I.

Vedúci: Ing. Mgr. Peter Schmidt, PhD.
Oponent: doc. Ing. Jaroslav Kultán, PhD.
Katedra: KAI FHI - Katedra aplikovanej informatiky
Vedúci katedry: Ing. Mgr. Peter Schmidt, PhD.
Dátum zadania: 20.02.2023

Dátum schválenia: 10.03.2023

doc. Ing. Martin Mišút, CSc.
osoba zodpovedná za realizáciu študijného programu

Pod'akovanie

Ďakujem Ing. Mgr. Petrovi Schmidtovi, PhD. za odborné vedenie pri tvorbe bakalárskej práce a profesionálny prístup. Za všetku pomoc pri spracovaní a vytváraní tejto práce.

Abstrakt

NECZLI, Rastislav: *Využitie rozšírenej reality vo vyučovaní*. Ekonomická univerzita v Bratislave. Fakulta hospodárskej informatiky; Katedra aplikovanej informatiky. – Ing. Mgr. Peter Schmidt, PhD. – Bratislava: FHI EU, 2024, počet strán 41.

Bakalárska práca je vypracovaná na tému Využitie rozšírenej reality vo vyučovaní. Cieľom bakalárskej práce je ukázať ako sa dá využiť rozšírená realita vo vzdelávaní a zároveň zhotoviť jednoduchý návod pre vytvorenie základnej aplikácie s rozšírenou realitou pre vzdelávacie potreby. Jednotlivé časti sú zamerané na vysvetlenie jednotlivých technológií a konceptov ako rozšírená realita (AR), virtuálna realita (VR), umelá inteligencia (AI), framework, gamifikácia. Zámerom je vytvorenie praktického návodu ako pomocou zvolenej technológie pochopiteľnejšie objasniť vzdelávací obsah. Výsledkom je prototyp aplikácie rozšírenej reality, vytvorenej pomocou frameworku Unity a Vuforia Engineu, použiteľnej pre študentov Fakulty hospodárskej informatiky na učebnici Informatika I – Hardvér. Práca taktiež ponúka zamyslenie sa nad prekážkami a rizikami implementácie rozšírenej reality do vzdelávacieho procesu.

Kľúčové slová: Rozšírená realita, virtuálna realita, framework, Unity, Vuforia

Abstract

NECZLI, Rastislav: The use of augmented reality in teaching. University of Economics in Bratislava. Faculty of Economic Informatics; Department of Applied Informatics. - Ing. Mgr. Peter Schmidt, PhD. – Bratislava: FHI EU, 2024, number of pages 41.

The bachelor thesis is elaborated on the topic The use of augmented reality in teaching. The aim of the bachelor thesis is to show how augmented reality can be used in education and at the same time to make a simple tutorial for creating a basic augmented reality application for educational needs. The different sections are focused on explaining different technologies and concepts such as augmented reality (AR), virtual reality (VR), artificial intelligence (AI), framework, gamification. The intention is to create a practical guide on how to use the chosen technology to explain the educational content in a more understandable way. The result is a prototype of an augmented reality application, created using the Unity framework and Vuforia Engine, usable for students of the Faculty of Economic Informatics in the textbook Computer Science I - Hardware. The thesis also offers a reflection on the obstacles and risks of implementing augmented reality in the educational process.

Keywords: Augmented reality, virtual reality, framework, Unity, Vuforia

Obsah

Úvod.....	9
1. Súčasn� technológie.....	10
1.1. Rozšírená Realita (AR).....	10
1.2. Virtuálna Realita (VR).....	13
1.3. Umelá Inteligencia (AI).....	14
1.4. Framework.....	15
1.5. Gamifikácia.....	16
1.6. Vzdelávanie a AR.....	18
2. Cieľ práce.....	20
2.1. Metodika.....	20
3. Výsledok práce – aplikácia.....	23
3.1. Unity Hub.....	23
3.2. Unity Editor.....	26
3.3. AR Aplikácia.....	32
3.3.1. Príprava podkladov.....	32
3.3.2. Vytvorenie aplikácie.....	32
Záver.....	37
ZDROJE.....	39

Zoznam obrázkov

Obrázok 1 – Predstavenie hry Pokémon GO, zdroj: nytimes.com	12
Obrázok 2 – Predstavenie Google Maps AR, zdroj: techcrunch.com	12
Obrázok 3 – Sťahovanie Unity, dostupné na: https://unity.com/download	24
Obrázok 4 – Prihlasovanie do Unity, zdroj: Unity.....	24
Obrázok 5 – Inštalovanie Unity Editoru, zdroj: Unity.....	25
Obrázok 6 – Kontrola inštalovania Unity Editoru, zdroj: Unity.....	25
Obrázok 7 – Pridávanie licencie, zdroj: Unity.....	25
Obrázok 8 – Založenie projektu, zdroj: Unity	26
Obrázok 9 – Rozhranie Unity Editoru, zdroj: Unity.....	27
Obrázok 10 – Project Settings, zdroj: Unity	30
Obrázok 11 – Build Settings, zdroj: Unity.....	30
Obrázok 12 – Nastavenie Unity Remote, zdroj: Unity	31
Obrázok 13 – Vytvorenie databázy, dostupné na: https://developer.vuforia.com	33
Obrázok 14 – Pridanie ARCamera, zdroj: Unity	34
Obrázok 15 – Scéna v Editore, zdroj: Unity	34
Obrázok 16 – Pridanie ikon v paneli projektu, zdroj: Unity.....	34
Obrázok 17 – Nastavenie stretchu v inšpektorovi, zdroj: Unity.....	35
Obrázok 18 – Funkcionality tlačidla, zdroj: Unity	36
Obrázok 19 – Fungujúca AR aplikácia, vlastný zdroj	36

Úvod

V súčasnom digitálnom veku prispieva rýchly rozvoj technológií k transformácii spôsobu, akým sa vyučuje a preberajú nové znalosti a vedomosti. K takýmto technológiám sa radia aj rozšírená realita (AR) a virtuálna realita (VR), ktoré otvárajú nové možnosti pre interaktívne a zaujímavé vzdelávanie. AR prináša jedinečné príležitosti pre personalizované a zábavné vzdelávanie, umožňujúc študentom objavovať virtuálne objekty a prostredia v reálnom svete. Vzdelávanie je kľúčovým prvkom v našom neustále sa meniacom svete. Každý z nás túži po pokroku, no nie všetci majú rovnakú motiváciu a odhodlanie investovať do svojho sebarozvoja. Otázka, ktorá sa nám naskytá, je: Ako môžeme upraviť vzdelávací proces tak, aby bol pre študentov prístupnejší a podporoval ich motiváciu k učeniu? Jednou z možností je zapojiť do výučbového procesu sebaregulované vzdelávanie alebo samoštúdium (SRL). Štúdia od autorov Zhihong Xu, Yingying Zhao, Jeffrey Liew, Xuan Zhou, Ashlynn Kogut (2023) [1] potvrdzuje účinnosť SRL pri dosahovaní akademických cieľov v online a kombinovaných vzdelávacích prostrediach. V súčasnej dobe, keď online vzdelávanie zohráva stále dôležitejšiu úlohu, je dôležité skúmať, ako technológie ako virtuálna a rozšírená realita môžu podporiť tento proces. Uvedená štúdia poukazuje na to, že častejšie testovanie študentov môže viesť k ich lepšiemu akademickému pokroku. Tieto zistenia nám dávajú základ pre ďalšie skúmanie a vývoj vzdelávacích postupov, ktoré budú prispievať k lepšiemu a efektívnejšiemu učeniu v digitálnom veku.

V nasledujúcich kapitolách sa budeme venovať vysvetleniu základných pojmov, ako je rozšírená realita alebo virtuálna realita. Preskúmame koncepty ako napríklad gamifikácia a analyzujeme možnosti ich aplikácie v oblasti školstva. S využitím UNITY frameworku a Vuforia Enginu vytvoríme prototyp aplikácie, ktorý bude slúžiť pre didaktické účely. Okrem samotného vývoja aplikácie poskytneme čitateľom aj podrobný návod, ako vytvoriť podobnú aplikáciu.

Bakalárska práca je rozdelená do dvoch hlavných častí. V teoretickej časti sa zamýšľame nad vysvetlením základných pojmov a možností využitia digitálnych technológií vo vzdelávaní. Pokúšame sa identifikovať výhody a nevýhody pri používaní moderných digitálnych technológií primárne vo vzdelaní.

1. Súčasné technológie

V dnešnej digitálnej ére, kde technologický pokrok neustále posúva hranice možného, sa vzdelávacie prostredie stáva terénom pre inovácie a aplikácie moderných technológií. Jednou z týchto technológií, ktorá získava čoraz väčšiu pozornosť vo vzdelávaní, je rozšírená realita. AR vstupuje do školských tried ako nástroj, ktorý dokáže obohatiť a zvýšiť účinnosť výučby prostredníctvom interaktívnych a zmysluplných zážitkov. Avšak AR nie je jediná technológia, ktorá toto ponúka a úzko spolupracuje s rôznymi inými technológiami, ktoré by bolo dobré si vysvetliť bližšie.

1.1. Rozšírená Realita (AR)

Rozšírená realita (z anglického Augmented Reality) je technológia, ktorá umožňuje vloženie digitálneho obsahu v reálnom svete. Táto technológia povoľuje používateľom interakciu digitálnych objektov v reálnom čase v reálnom prostredí.

Pre interakciu sa využívajú rôzne zariadenia, hlavne mobilné telefóny, ale napríklad aj tablety, smart hodinky alebo smart okuliare. Vo všeobecnosti táto technológia funguje na princípe snímania okolitého prostredia v reálnom svete a následne na ňom zobrazuje digitálne objekty.

Využitie tejto technológie je v teoretickej hladine v zásade nekonečné a už dnes sa vo veľkej časti dokáže využívať v rôznych odvetviach ako napríklad výroba, zdravotníctvo, marketing a reklama, herný priemysel a v neposlednom rade aj vo vzdelávaní.

AR technológia predstavuje obrovský potenciál vo vzdelaní, či už v školskom prostredí, alebo aj v tréningovom prostredí rôznych priemyselných odvetví. Táto technológia nám umožňuje vytvorenie vzdelávacích aplikácií a návodov, ktoré nám detailne dokážu popísať snímané objekty a rozšíriť ich o dodatočné informácie, ktoré nie je možné priamo na reálne objekty umiestniť. Jedná sa skutočne o digitálne rozšírenie reality.

Štúdia od autora Yiannis Koumpouros (2024) [2] analyzuje a podáva názor, že využitie AR vo vzdelávaní ponúka veľký potenciál na zlepšenie výučby a učenia. Integrácia AR má možnosť transformovať tradičné vyučovacie metódy tým, že ponúkne interaktívne a personalizované vzdelávacie skúsenosti. AR môže pomôcť vizualizovať komplexné koncepty, čím urobí abstraktné myšlienky zrozumiteľnejšími. Okrem toho môžu aplikácie

AR ponúkať simulácie reálnych situácií, virtuálne exkurzie a hry, čo umožní študentom skúmať učivo interaktívnym spôsobom. Avšak, je dôležité zohľadniť technické a etické výzvy spojené s AR vo vzdelávaní, ako sú potreba kompatibilných zariadení, ochrana súkromia údajov a náklady. Prieskum týchto obmedzení a hľadanie riešení môže viesť k efektívnejšiemu využitiu výhod AR vo vzdelávaní. Napriek výzvam, AR ponúka obrovský potenciál na zlepšenie vzdelávania a je dôležité pokračovať v skúmaní a využívaní tejto technológie v rôznych vzdelávacích kontextoch.

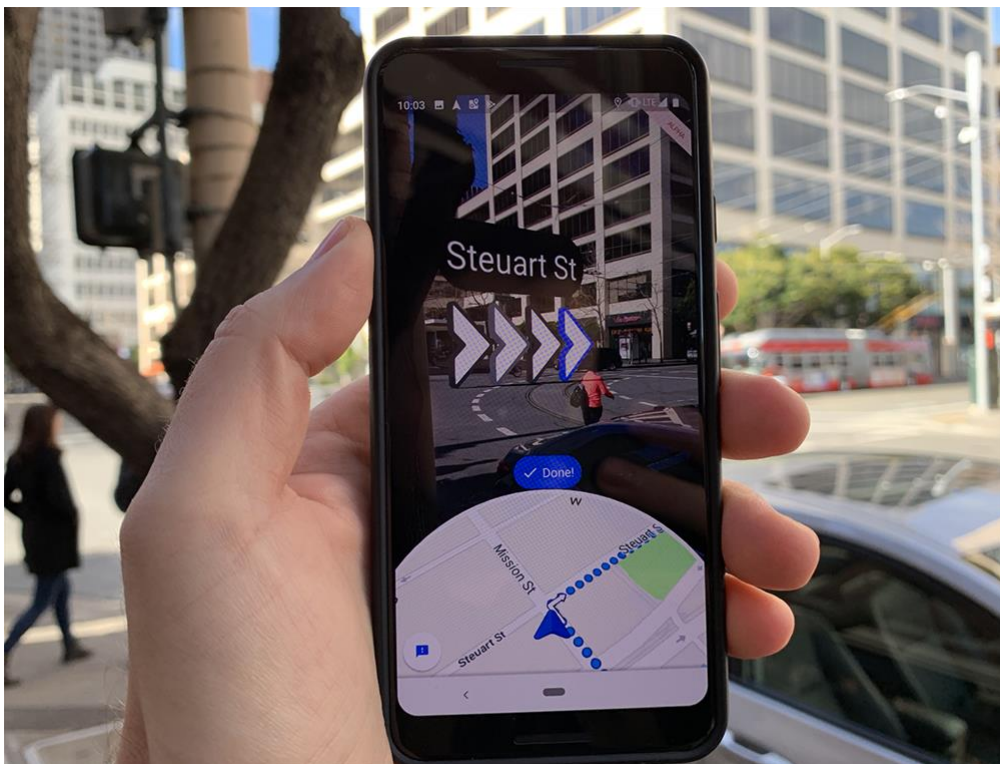
Okrem štandardného využitia ako podpora vzdelávania nám AR poskytuje aj možnosti na úplne nové poňatie marketingu produktov. Značky dokážu svoje produkty rozšíriť o potrebné informácie kdekoľvek, či už v predajných priestoroch, alebo na rôznych prezentáciách zákazníkom, čím im dodajú kompletne nový zážitok, ktorý vo výsledku pomáha k zvýšeniu predaja. Príkladom využitia týchto technológií sú automobilové značky INFINITI a Mercedes-Benz, ktoré umožňujú záujemcom podrobne predstaviť vlastnosti svojich automobilov. V prípade INFINITI im táto technológia umožnila výrazne znížiť náklady na prezentáciu automobilov. Pred použitím AR technológie mýlili veľké sumy peňazí na rozoberanie a rezanie ich vozidiel k výstave – AR im ponúka možnosť sa týmto nákladom vyhnúť a namiesto toho používať 3D model konkrétneho vozidla kde si potencionálny zákazník dokáže prezrieť detaily vozidla [3]. Avšak Mercedes-Benz to poňal trochu inak a využívajú túto technológiu ako manuál pre E a S rady automobilov, nakoľko ich palubné dosky a panely sa postupným vývojom posunuli tak dopredu, že pre nových zákazníkov to môže byť premnožujúce. Zároveň pomocou rovnakej aplikácie ponúkajú aj zákaznícku podporu. Tieto možnosti im pomáhajú k lepšiemu menu značky, lepšiemu zákazníckemu zážitku a zároveň im to ponúka možnosť ľahšie porozumieť, ktoré funkcie sú pre ich zákazníkov najdôležitejšie pre budúci vývoj [4].

Ďalším známym príkladom využitia AR technológie je aj využitie v hernom priemysle. Rôzne hry ako napríklad Pokémon GO, Father.IO AR Laser Tag alebo Five Nights at Freddy's AR: Special Delivery využívajú virtuálne objekty, pomocou ktorých určitým spôsobom interagujú s okolitým reálnym svetom. Tieto hry využívajú kameru zariadenia pre snímanie reálneho sveta, do ktorého vkladajú herné virtuálne objekty, s ktorými vie používateľ cez obrazovku zariadenia ďalej interagovať [5].



Obrázok 1 – Predstavenie hry Pokémon GO, zdroj: [nytimes.com](https://www.nytimes.com)

Na podobnom princípe fungujú aj navigačné AR aplikácie. Medzi najznámejšie patrí Google Maps AR, respektíve Live View, ktorá používateľom pomocou AR, AI a GPS naraz dokáže pomôcť s problémom, ktorý majú klasické GPS navigácie v mestách a to, že nedokážu niekedy ukázať správnu cestu, ktorej sa má používateľ držať – tento problém najmä nastáva, keď sú pri sebe 2 cesty veľmi blízko seba [6].



Obrázok 2 – Predstavenie Google Maps AR, zdroj: [techcrunch.com](https://www.techcrunch.com)

1.2. Virtuálna Realita (VR)

Virtuálna realita (z anglického Virtual Reality) je simulované trojrozmerné prostredie, ktoré možno skúmať a interagovať s ním [7]. Vytvára sa pomocou počítačového hardvéru a softvéru a používatelia zvyčajne nosia špeciálne okuliare, nazývané aj náhlavné súpravy VR, aby sa mohli úplne ponoriť do virtuálneho prostredia. Cieľom tejto technológie je vyvolať pocit ponorenia sa do simulácie sveta, ktorý sa zdá a pôsobí skutočne, a to pomocou kombinácie obrazov, zvukov a iných zmyslových vstupov na vytvorenie realistického zážitku.

Existujú rôzne typy VR vrátane neimerzívnej, čiastočne imerzívnej a plne imerzívnej [8]. Imerzia v tomto prípade znamená pohlcujúca a teda sa snaží vtiahnuť používateľa čo najviac do sveta, ktorý sa snaží predstaviť. Neimerzívna VR sa zvyčajne vzťahuje na 3D simulované prostredie prístupné prostredníctvom počítačovej obrazovky, zatiaľ čo semi-imerzívna VR ponúka čiastočný zážitok z VR prostredníctvom počítačovej obrazovky alebo okuliarov/náhlavnej súpravy, pričom sa zameriava na vizuálny 3D aspekt. Plne imerzívna VR poskytuje najvyššiu úroveň virtuálnej reality, ktorá zahŕňa zrak, zvuk a v niektorých prípadoch aj dotyk, a často sa používa v hrách, vzdelávaní a školeniach.

Virtuálna realita a rozšírená realita sú obe formy rozšírenej reality (XR, z anglického eXtended Reality), ale líšia sa v prístupe k zlepšeniu zážitku používateľa. Hlavným rozdielom medzi VR a AR je úroveň ponorenia a typ prostredia, ktoré sa prežíva. VR poskytuje úplne pohlcujúci zážitok vo virtuálnom prostredí, zatiaľ čo AR vylepšuje reálny svet pridaním virtuálnych prvkov. VR aj AR využívajú podobné technológie, ako sú displeje na hlavu (HMD) a senzory, ktoré sledujú pohyby používateľa a poskytujú pocit prítomnosti vo virtuálnom alebo rozšírenom prostredí. Ich spoločným cieľom je tiež zlepšiť zážitok používateľa a poskytnúť mu nové spôsoby interakcie s informáciami a okolitým svetom.

Analýza od autorov Andreas Maroukias, Christos Troussas, Akrivi Krouska a Cleo Sgouropoulou (2024) [9] poskytuje prehľad o využití virtuálnej reality ako vzdelávacieho nástroja s dôrazom na personalizáciu. Skúma 69 štúdií zameraných na demografické údaje, vzdelávacie témy, výhody VR vo vzdelaní a obmedzenia. Zistili, že VR, kombinovaná s gamifikovaným dizajnom a adaptívnymi technikami, môže poskytnúť efektívne vzdelávacie skúsenosti. Štúdie zdôrazňujú potrebu personalizácie pre atraktívnejšie a angažovanejšie učenie. Výskum tiež ukazuje nárast záujmu o VR, najmä v USA a Indonézii. Dôležitou poznámkou je nedostatok adaptačných metód v rámci štúdií a nedostatočné využitie

kontrolných skupín. Ďalej sa uvádza, že VR headsety z kartónu sú často využívané vzhľadom na ich jednoduchosť a nízke náklady. Výsledky poukazujú na dôležitosť personalizovaných mechanizmov vývoja VR aplikácií pre vzdelávacie účely.

1.3. Umelá Inteligencia (AI)

Umelá inteligencia (z anglického Artificial Intelligence) je zastrešujúci pojem pre celý rad techník, ktoré umožňujú strojom alebo kódu napodobniť ľudskú inteligenciu [10]. Medzi schopnosti umelej inteligencie zahŕňame napríklad analýzu dát, rozpoznávanie vzorov alebo rozhodovanie. Na jej fungovanie sa využívajú rôzne algoritmy, metódy alebo ich spoločná kombinácia, ako napríklad neurónové siete, strojové učenie, optimalizácia alebo expertné systémy.

Existuje viacero typov AI, medzi ktorými rozlišujeme rozdiely. Medzi najznámejšie patrí *Narrow AI (Weak AI)* (Úzka AI (Slabá AI)), ktorá je určená na vykonávanie špecifických úloh, alebo riešenie konkrétnych problémov. Funguje v obmedzenom kontexte a nie je schopná zovšeobecňovať nad rámec svojich vopred definovaných funkcií. Príkladom sú virtuálni asistenti ako Siri a Alexa. Ďalej poznáme *General AI (Strong AI)* (Všeobecná AI (silná AI)), ktorá sa vzťahuje na systémy AI, ktoré majú kognitívne schopnosti podobné ľudským, čo im umožňuje chápať, učiť sa a uplatňovať znalosti v širokom rozsahu úloh. Všeobecná AI sa dokáže prispôbiť novým situáciám a vykonávať úlohy bez špecifického programovania.

AI technológia má potenciál pomáhať a zefektívňovať procesy v každej oblasti, podobne ako je tomu pri AR technológiách. Nakoľko využíva dátovú analýzu, má obrovský potenciál pri pomáhaní v rozhodovacom procese a hľadaní alternatív. Zároveň dokáže pomáhať aj zákazníkom formou rôznych chatbotov (ako napríklad ChatGPT alebo Bard AI), ktoré majú schopnosť okamžite odpovedať a podať personalizovanú pomoc. Avšak treba brať na vedomie, že súčasná AI technológia nie je ešte dostatočne vyspelá, aby dokázala filtrovať správne informácie od nesprávnych a treba jej odpovede stále brať s rezervou – to platí hlavne pri obskúrnejších témach.

Výskum od autorov Ammar Abulibdeh, Esmat Zaidan, Rawan Abulibdeh (2024) [11] skúma a zameriava sa na to, ako možno integrovať nástroje AI do vzdelávania v kontexte udržateľného rozvoja (ESD) v ére Industry 4.0. Industry 4.0 prináša množstvo pokročilých

technológií, ktoré môžu mať veľký vplyv na podniky a priemysel, ale ich plné využitie vyžaduje odborné znalosti pracovnej sily, čo je v kompetencii vysokých škôl. Dôležitosť ESD sa v kontexte udržateľnosti stáva stále dôležitejšou. Integrácia nástrojov AI do vzdelávania môže priniesť výhody, ako je personalizované učenie a podpora inovácií, ale aj výzvy, ako sú etické otázky a prispôbenie vzdelávania potrebám priemyslu. Na plné využitie potenciálu AI vo vzdelávaní sú potrebné vhodné politiky a stratégie, vrátane flexibilných učebných plánov, školenia pedagógov a etickej integrácie AI. Tento výskum vydedukoval, že spolupráca medzi vzdelávacími inštitúciami, tvorcami politik, pedagógmi a študentmi je nevyhnutná na dosiahnutie udržateľnej a technologicky vyspelej budúcnosti.

1.4. Framework

Framework (aplikačný rámec) je základná štruktúra používaná pri vývoji softvéru. Ide o súbor nástrojov, ktoré uľahčujú programátorom tvorbu aplikácií. Framework poskytuje pravidlá a funkcie, ktoré usmerňujú proces vývoja a zjednodušujú ho. Existujú rôzne typy frameworkov používaných v rôznych oblastiach, ako sú webové aplikácie, mobilné aplikácie a hry. Všetky tieto komponenty sú vzájomne previazané a umožňujú prepojenie pri realizácii jednotlivých úloh.

Frameworky môžu byť open-source (a teda väčšinou sú zdarma) alebo platené. Väčšinou sú budované ako nadstavba nad zvoleným programovacím jazykom. Pre vývoj aplikácií s rozšírenou realitou je potrebné použiť AR frameworky, ako je napríklad ARKit pre iOS a TvOS zariadenia alebo ARCore pre Android zariadenia. Tieto frameworky umožňujú vývoj aplikácií priamo pre konkrétne zariadenia.

Okrem toho existujú knižnice, ktoré sa používajú pri vývoji aplikácií nie len pre AR, ale aj pre virtuálnu realitu (VR), ktoré vedia predstaviť ďalšiu možnosť budúceho vývoja týchto technológií – ako napríklad Apple s ich Apple Vision Pro. Knižnice, ktoré sa používajú na vývoj týchto aplikácií poskytujú hotové kódy a nástroje potrebné na vytvorenie aplikácií pre mobilné zariadenia. Na trhu je mnoho komerčných aj bezplatných frameworkov a knižníc, ktoré umožňujú jednoduchší vývoj aplikácií.

Niektoré populárne AR frameworky sú napríklad Vuforia, EasyAR a ARFoundation použitá vo frameworku Unity, ktorá umožňuje vytváranie aplikácií pre viacero platforiem.

Na trhu je tiež mnoho herných engineov, ako je napríklad Unity. Engine poskytuje základné funkcie pre vývoj určitého typu aplikácií. V prípade Unity engine poskytuje funkcie potrebné pre vývoj hier a interaktívnych aplikácií. Frameworky v rámci Unity engine potom umožňujú rýchle a efektívne vytváranie hier a aplikácií s AR/VR prvkami.

Unity je v dnešnej dobe jeden z najpopulárnejších engineov, ktorý vývojári môžu voľne využívať. Najväčšie využitie je síce v hernom priemysle na vytváranie videohier avšak Unity ponúka množstvo rôznych funkcií a služieb aj pre neherný priemysel, nakoľko aspekty ako napríklad grafika, zvuk a animácie sa dajú využiť v každom odvetví. Engine obsahuje prevažne moduly, ktoré vývojárom uľahčujú tvorbu a správu už práve spomínaných aspektov, s ktorými pracujú.

Unity je zároveň vysoko kompatibilné s rôznymi frameworkami, čo dopomáha vývojárom tvoriť obsah rýchlejšie a vo vyššej kvalite, kde pomocou frameworku pracujú a Unity engine funguje ako jadro celého systému, ktorý dohliada na spoluprácu medzi všetkými modulmi pre správnu funkcionálnosť. V takomto prípade je Unity engine jadro, ktoré spracováva aspekty ako napríklad grafiku, zvuk, animácie, skripty alebo fyziku. Zahŕňa v sebe množstvo preddefinovaných modulov, ktoré vývojárom dávajú možnosť implementácie rôznych funkcionalít iba pár klikmi ako napríklad renderovanie, kolízie medzi objektami, detekcia objektov a mnoho ďalšieho.

1.5. Gamifikácia

Gamifikácia (z anglického Gamification), alebo používanie herných prvkov v neherných respektíve bežných aktivitách, je široko využívaná technika na zlepšenie zapojenia a motivácie ľudí v rámci pracovných kolektívov. Táto metóda bola a je úspešne aplikovaná v rôznych oblastiach, ako napríklad vzdelávanie, zdravotníctvo, podnikanie alebo vo verejnej správe.

Vo vzdelávaní sa často využíva gamifikácia na zvýšenie motivácie študentov a zlepšenie ich výsledkov. Používanie herných prvkov, ako sú body, odmeny a súťaže, môže študentov motivovať k väčšej angažovanosti a aktívnemu zapojeniu do učebných aktivít. Medzi známe aplikácie, ktoré sa pri vzdelávaní používajú, patrí platforma Kahoot. Je to interaktívna platforma, ktorá využíva hry a kvízy na zapojenie študentov do učebného

procesu. Študenti môžu súťažiť, odpovedať na otázky a získavať body, čo ich motivuje k aktívnemu učeniu a zdokonaľovaniu svojich vedomostí.

V oblasti zdravotníctva môže gamifikácia pomôcť ľuďom udržiavať zdravý životný štýl. Aplikácie a webové platformy často ponúkajú herné prvky, ktoré motivujú používateľov k cvičeniu, dodržiavaniu diéty a starostlivosti o svoje zdravie. Za každý krok, ktorý urobíte, alebo za každý záznam o konzumácii zdravej stravy, môžete získať body alebo odmeny, čo vás motivuje k zdravšiemu životnému štýlu. Ako príklad využitia môže slúžiť aplikácia MyFitnessPal. Je to aplikácia na sledovanie stravy a cvičenia, kde používatelia získavajú body alebo odmeny za zaznamenávanie svojich jedálničkov a cvičebných aktivít. Týmto spôsobom sa motivujú k zdravému stravovaniu a pravidelnému cvičeniu.

V podnikateľskej oblasti môže gamifikácia pomôcť zlepšiť produktivitu a motiváciu zamestnancov. Použitie herných prvkov v pracovnom prostredí, ako sú súťaže, odmeny a záznamy o výkone, môže zvýšiť angažovanosť a výkonnosť tímu podobne ako tomu je pri vzdelávaní. Ako príklad môžeme uviesť systém Salesforce. Ako platforma na podporu predaja a všetkých obchodných aktivít obsahuje aj systém odmien v pracovnom prostredí, kde zamestnanci získavajú body alebo odmeny za splnenie pracovných cieľov alebo za vynikajúci výkon. Týmto spôsobom sa motivujú k lepšiemu pracovnému výkonu a angažovanosti v tíme.

V súvislosti s verejnou správou môže gamifikácia pomôcť zvýšiť angažovanosť komunit a zlepšiť efektívnosť verejných služieb. Použitie herných prvkov, ako sú body alebo odmeny za účasť na verejných aktivitách alebo splnenie určitých povinností, môže motivovať komunity k aktívnej účasti vo verejnom živote. Ako príklad nám posluží aplikácia Recyclebank. Je to mobilná aplikácia pre recykláciu, kde občania získavajú body alebo odmeny za správne triedenie odpadu, alebo za účasť na environmentálnych projektoch. Týmto spôsobom sa motivujú k udržateľnému správaniu a aktívnej účasti vo verejných iniciatívach.

V štúdiu od autorov Subirats, L.; Nousiainen, T.; Hooda, A.; Rubio-Andrada, L.; Fort, S.; Vesisenaho, M.; Sacha, G.M. (2023) [12] môžeme dedukovať, že typy používateľov pri gamifikovaných aktivitách vo vzdelávaní nie sú úplne spojené s vekom, pohlavím alebo krajinou, ale skôr so štúdiom. Autori nenašli jasné spojenie s typmi používateľov pri preferenciách úloh, ale skôr sú dôležité iné faktory, ako napríklad obtiažnosť úloh a zaradenie do skupinových aktivít. Došli k záveru, že gamifikácia funguje najlepšie pri diaľkovom

vzdelávaní a v predmetoch bez predchádzajúcich znalostí. Taktiež naznačujú, že budúce štúdie by sa mali zamerať na viacero oblastí a študentov, aby bolo možné lepšie pochopiť vplyv typov používateľov a iných faktorov na motiváciu.

1.6. Vzdelávanie a AR

Rozvoj technológií AR nám otvára dvere pre vývoj nových možností vyučovania. Vďaka možnosti vytvorenia interaktívneho učebného materiálu, kde vieme pridať aj rôzne prvky z herného sveta pomocou gamifikácie, dostávame množstvo možností ako by sa dal posunúť vyučovací proces do budúcnosti. Medzi najznámejšie príklady využitia AR aplikácii patrí interakcia a skúmanie 3D modelov zložitých objektov alebo konceptov, kde študenti majú možnosť lepšie a detailnejšie pochopiť preberané učivo. Pokiaľ by sme mali možnosť v týchto aplikáciách taktiež zahrnúť prvky gamifikácie pomocou napríklad rôznych interaktívnych úloh, bodovacieho systému alebo výziev, za ktoré by mohli dostávať odmeny prípadne výhody, dokážeme tak študentov motivovať nie len k väčšej angažovanosti, ale potencionálne aj k lepšiemu zážitku z učenia, ktoré dokáže viesť k lepšiemu osvojeniu si učenej problematiky a konečným výsledkom. Pri tradičných spôsoboch sú učitelia limitovaný predpismi a osnovami, čo vedie k pocitom nudnosti alebo nedostačujúcim pocitom z učenia. Práve AR aplikácie by mohli dať šancu efektívne eliminovať tieto nedostatky, pokiaľ by boli správne implementované vo vzdelávacom procese.

Podobný uhol pohľadu predstavuje aj autorka Jaime Donally vo svojej knihe [13]. Ako najväčší faktor, ktorý pomáha v lepšej angažovanosti študentov, označuje takzvaný „wow“ efekt. Nielen, že im dá možnosť sa viac zaujímať o úlohy a zadania, ktoré by ich normálne nudili, ale zároveň vďaka prirodzenej zvedavosti bude väčšina študentov nadšená z vyskúšania nových technológií a spôsobov učenia, ktoré môžu už poznať z iných oblastí, ako napríklad zábavný alebo herný priemysel. Taktiež podotýka, že výhodou AR aplikácii pri vzdelaní je, že *„(učitelia) oslovujú túžbu ich študentov učiť sa spôsobom, ktorý pritiahne ich pozornosť a je viac zladený s ich časom mimo školy.“*[14].

Avšak AR technológia má aj svoje nevýhody a prekážky, ktoré musí zdolať, ako napríklad zvýšené náklady na obstaranie technológií, ako aj zvýšenú prácnosť pri príprave obsahu. Vzdelávacie inštitúcie musia vynaložiť relatívne vysoké náklady na implementáciu, hlavne pokiaľ by mali záujem o implementáciu do celého vzdelávacieho procesu. Pokiaľ by chceli zaistiť, aby každý študent mal rovnaký zážitok z výučby, vzdelávacie inštitúcie sú

nútené zaobstarat' zariadenia (ako napríklad smartfóny alebo AR okuliare) pre každého študenta. Ďalším problémom dokáže byť zaškolenie vyučujúcich na implementovanie AR technológií do učebného procesu. Nielen že pre istú časť vyučujúcich môže byť náročná na porozumenie, ale tak ako každá nová technológia sa stretne s odporom časti vyučujúcich. Ich dôvody môžu byť rôzne, ako napríklad neochota o zmenu zažitých vyučovacích postupov, alebo nechápanie významu implementácie. Vzdelávacie inštitúcie sú tým pádom nútené zamestnávať nie len vyučujúcich, ktorí budú súhlasiť s AR technológiami ale zároveň, ktorí sa budú snažiť o správnu a aktívnu implementáciu. Problémom taktiež môže byť aj existencia, prípadne neexistencia obsahu, ktorý by chceli použiť. To by boli tým pádom ďalšie náklady, či už na kúpu existujúceho alebo na vytvorenie ich personalizovaného obsahu, ktorý by chceli použiť. V neposlednom rade je možné, že budú ešte musieť riešiť prípadne zlepšenie internetovej infraštruktúry. Väčšina AR aplikácií potrebuje na správne fungovanie pripojenie k internetu, a tým pádom je potrebné aby vzdelávacie inštitúcie zaručili dostatočné pokrytie pomocou WiFi, ktoré nie len že bude pokrývať požadované učebne, ale zároveň dokáže vydržať nápor všetkých pripojených zariadení.

Autori vo vedeckej štúdií Santiago Criollo, Andrea Guerrero-Arias, Javier Guana-Moya, Agariadne Dwinggo Samala a Sergio Luján-Mora (2024) [15] diskutujú využitie mobilných AR aplikácií pre vyučovanie v škôlkarskom a základnoškolskom veku. Zdôrazňujú globálny záujem o túto technológiu s množstvom publikovaných prác na vedeckých konferenciách a v časopisoch. Podľa nich implementácia AR vo vzdelávaní ponúka výhody ako zvýšená účasť študentov, interaktívne učebné prostredie a zlepšenie akademického výkonu. Avšak, uvedomujú si, že existujú výzvy ako napríklad kvalita hardvéru, odpor voči zmenám, náklady a nedostatok pedagogického vedenia. Prekonanie týchto výziev vyžaduje testovanie, zapojenie učiteľov a študentov a adekvátne školenie. Hovoria aj o tom, že budúci výskum by sa mal zamerať na reportovanie výziev, technologických prekážok, pedagogických dôsledkov a rizík spojených s nesprávnym využitím AR, aby sme lepšie porozumeli jeho súčasnému a budúcemu stavu vo vzdelávaní.

2. Cieľ práce

Hlavným cieľom práce nie je len pohľad do využitia AR technológií vo vzdelávaní, ale vytvorenie jednoduchého návodu pre každého vyučujúceho, ktorý by chcel vytvoriť základnú AR aplikáciu, ktorou by bol schopný zvýšiť kvalitu a atraktivitu vyučovacieho procesu.

Výsledkom teda bude, že vyučujúci bude motivovaný si vytvoriť AR aplikáciu, ktorá bude spustiteľná na Android zariadeniach. Nakoľko sa technológie stále a rýchlo vyvíjajú treba pamätať, že balíky, ktoré sú spomenuté pri používaní, môžu byť časom nahradené inými, prípadne lepšími balíkmi a odporúča sa spraviť si rýchly prehľad o nových potencionálnych možnostiach. Pre tento projekt je vhodné použiť Unity s pomocou Vuforia engine, ktorý nám uľahčí prácu pri vytváraní aplikácie.

2.1. Metodika

Existuje viacero možností, ktorými by sme vedeli docieľiť rovnaký alebo podobný výsledok. Medzi takéto možnosti patrí hlavne framework ARFoundation, ktorého výhodou je možnosť vytvorenia čisto lokálnej aplikácie, ktorá by tým pádom nepotrebovala prístup na internet. Nakoľko však chceme v tomto prípade myslieť na rýchlu možnosť úpravy obsahu, je lepšie nevytvárať čisto lokálnu aplikáciu, ale radšej aplikáciu, ktorá sa bude pripájať na internet. Pri lokálnej aplikácii by sme museli celý obsah (videá, články a podobne) lokálne sťahovať, čo ovplyvní nielen veľkosť samotnej aplikácie, ale zároveň časovo sťaží obmenu obsahu za aktuálnejší. Pri našej práci sme sa teda rozhodli vybrať Unity ako základný engine, nakoľko práca v ňom je prevažne modelovanie a nie zložité programovanie, takže prácu v ňom zvládne aj menej zdatný používateľ. Zároveň využijeme Vuforia Engine, ktorý nám vytvorí cloudovú databázu skenovateľných objektov, s ktorými budeme následne pracovať vo vnútri Unity.

Výhodou Unity je obrovské množstvo obsahu, nástrojov alebo zdrojov, s ktorými sa dá pracovať a vyvíjať aplikácie. Medzi takéto možnosti patria napríklad textúry, 3D modely alebo animácie, ktoré má človek dostupné v Unity Assets Store [16]. Unity taktiež ponúka jednoduchú integráciu s AR frameworkami, čo urýchľuje vytvorenie našej aplikácie pre rôzne zariadenia. Na prvý pohľad sa rozhranie Unity editoru môže zdať náročné, avšak vývojár sa dokáže veľmi rýchlo zorientovať a značne mu uľahčí prácu pri vytváraní tejto

aplikácie. Taktiež v Unity je možné robiť takzvaný multiplatformový vývoj. To znamená, že vývojár je schopný vytvárať aplikáciu pre väčšinu dostupných zariadení, ako napríklad iOS, Android, Windows alebo MacOS naraz. Taktiež je dobré spomenúť, že Unity má vysoký výkon a umožňuje mu to vytváranie graficky náročných aplikácií, ktoré dokážu fungovať na vysokých snímkach za sekundu. Nakoľko je Unity veľmi využívaný engine, vytvára to zároveň obrovskú a aktívnu komunitu programátorov, na ktorých sa dá obrátiť pri hocijakej prekážke, na ktorú pri vývoji narazíme. Tým, že táto komunita je veľmi, je vysoko pravdepodobné, že keď narazíme na nejaký problém je možné, že už niekto iný naň narazil skôr a zdieľal jeho riešenie s ostatnými na internete.

Avšak niektoré výhody sú dvojsečnou zbraňou a dokážu v niektorých momentoch predstavovať aj nevýhodu. Napríklad vytvorenie licencie pre jednotlivca alebo pre veľmi malé tímy je síce zdarma, avšak pokiaľ by dosahovali zisk z používania nad 100-tisíc dolárov (prípadne celkové príjmy a financovanie je nad túto sumu) je potrebné, aby si začali platiť Pro, Industry, prípadne Enterprise licenciu, čo môže predstavovať vysoké náklady [17] (v dobe písania sa cena týchto licencií nachádza na 185 dolároch mesačne za Pro licenciu a 450 dolároch mesačne za Industry licenciu – Enterprise licencia je na základe dohody priamo s Unity [18]). Nakoľko je Unity veľmi výkonný engine, to znamená, že si aj vyžaduje výkonný počítač, hlavne v oblasti grafickej karty. Napriek tomu, že v Unity sa dá pomerne ľahko zorientovať, nemení to nič na fakte, že prostredie editoru je komplexné a niektoré funkcionality môžu byť problematické na naučenie sa, prípadne na používanie.

Vuforia Engine nám dovoľuje jednoducho vytvoriť objekty alebo texty, ktoré budeme snímať v našej AR aplikácii. V svojom základe je veľmi jednoduchá na integrovanie do Unity a jej používanie. Podporuje tvorbu aplikácii na rovnaké zariadenia ako Unity, vďaka čomu vieme vytvoriť aplikáciu pre široké spektrum zariadení. Avšak najväčšou výhodou Vuforie je pokročilá technológia rozpoznávania takzvaných markerov objektov v reálnom čase. Táto technológia je základom každej AR aplikácie, ktoré vyžadujú interakciu medzi fyzickými a digitálnymi objektami. Využívajú takzvané Model Targets (Modelové ciele), ktoré aplikáciám postavením v tomto engine pomáhajú rozpoznať a sledovať reálne objekty. [19] Okrem toho nám povoľuje aj pokročilé možnosti rozšíreného sledovania, ako napríklad sledovanie tváří, obrázkov alebo terénu. Taktiež obsahuje funkcie na rozpoznávanie textu a objektov. Podobne ako pri Unity, Vuforia má veľkú komunitu vývojárov, ktorá poskytuje podporné materiály, návody a oficiálne fóra pre diskusiu.

Vuforia má taktiež svoje nedostatky. Nakoľko používa pokročilú technológiu, môže byť časovo náročné správne nastaviť kalibráciu kamery alebo objektov, aby AR aplikácie mohli správne fungovať. Pri niektorých špeciálnych prípadoch môžeme naraziť na problémy s detekciou, ako napríklad pri zhoršených svetelných podmienkach. Podobne ako pri Unity aj tu máme rôzne verzie na základe platenia licencií. Taktiež ponúkajú aj platenie za cloudovú službu ako dodatok (základný Cloud plán sa v dobe písania nachádza na 99 dolároch mesačne, za Cloud Plus a Premium licencií Vuforie treba kontaktovať vývojárov a dohodnúť sa priamo s nimi [20]), čo môže predstavovať pomerne vysoké náklady rovnako ako tomu je pri Unity. V neposlednom rade je potrebné spomenúť aj náročnosť na výkon používaného zariadenia. Niektoré AR aplikácie môžu požadovať vysoký výkon, čo môže spôsobovať nadmernú záťaž na batériu alebo obmedzenú použiteľnosť na starších, prípadne menej výkonných zariadeniach.

3. Výsledok práce – aplikácia

Nakoľko aplikácia bude musieť mať pripojenie na internet, aby sme si vedeli prehrať video, na ktoré bude naša aplikácia odkazovať, môžeme použiť frameworky, ktoré pracujú s cloudom ako práve Vuforia. Keďže pracujeme na relatívne malej vzorke, nie je potrebné aby sme platili pomerne drahé licencie a môžeme aplikáciu postaviť aj na licenciách, ktoré sú zdarma. Naša malá vzorka bude využiteľná študentmi FHI pre predmet Informatika I – Hardvér, preto sme vybrali učebnicu pre tento predmet, na ktorej budeme pracovať. Je dôležité sa zamyslieť aj nad kompatibilitou s operačnými systémami mobilných zariadení a preto nastavíme podporu pre čo najviac zariadení napriek tomu, že niektoré staršie verzie systému Android môže byť zbytočné zaintegrovať, nakoľko sa už s vysokou pravdepodobnosťou nepoužívajú.

3.1. Unity Hub

Nainštalujeme Unity Hub a Unity Editor podľa pokynov na stránke <https://unity.com/download>, prispôsobujúc si výber podľa operačného systému nášho vývojového počítača. Po stiahnutí súboru s názvom UnityHubSetup spustíme inštalátor, ktorý nás prevedie inštaláciou. Po úspešnej inštalácii Unity Hubu sa prihlásime pomocou tlačidla *Sign in* (Prihlásiť sa). Pokiaľ sme tak nespravili predtým, je potrebné si vytvoriť účet na stránkach Unity. To spravíme jednoducho, keď zaklikneme na tlačidlo *Create account* (Vytvoriť účet). Po prihlásení sa nám automaticky otvorí dialógové okno, ktoré nám nainštaluje Unity Editor. V záložke *Installs* (Inštalácie) môžeme sledovať priebeh inštalácie Unity Editoru. Je možné mať nainštalované viaceré verzie editorov, avšak každý editor a vývojová platforma zaberajú určité množstvo miesta na disku. Je možné pridať ďalšie moduly alebo podporu pre vývojové platformy kliknutím na ozubené koliesko napravo od verzie inštalácie v záložke *Installs* a potom na *Add modules* (Pridať moduly).

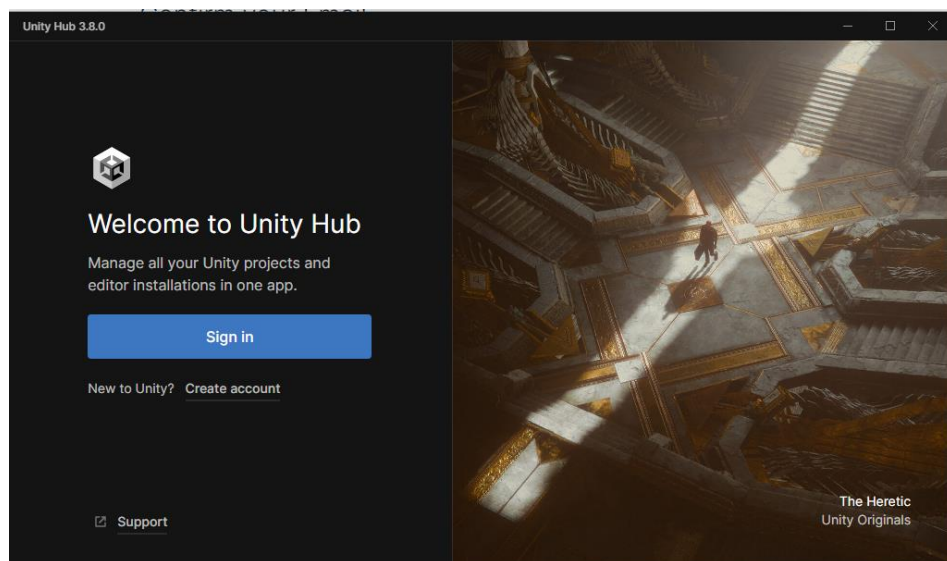
Po nainštalovaní UNITY HUB a UNITY Editora je dôležité mať na pamäti aj niektoré ďalšie aspekty, ktoré môžu ovplyvniť proces vývoja AR aplikácií. Jedným z nich je výber správnej verzie UNITY Editora a frameworku pre konkrétny projekt. Okrem toho je potrebné zvážiť aj požiadavky na konkrétne vývojové platformy, ako sú Android alebo iOS, a zabezpečiť si príslušnú podporu pre tieto platformy počas inštalácie. Pri rozhodovaní o verzii UNITY Editora je dôležité zvážiť aj dostupnosť nových funkcií a vylepšení, ktoré môžu ovplyvniť vývoj a výkon aplikácie.

Navyše, pri rozhodovaní sa o počte a verzii UNITY Editorov na nainštalovanie je potrebné vziať do úvahy aj dostupné miesto na disku vývojového počítača, pretože každý editor a príslušné vývojové platformy môžu zaberať významné množstvo miesta. Z tohto dôvodu je dôležité vyvážiť potreby projektu s dostupnými zdrojmi a zabezpečiť efektívne využitie diskového priestoru.

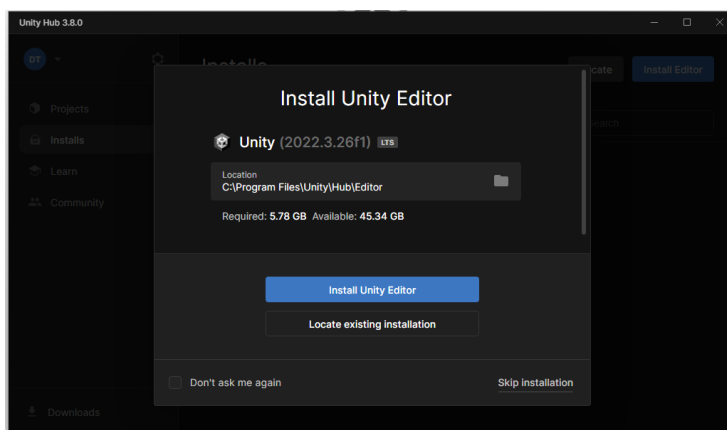
Create with Unity in three steps

<p>1. Download the Unity Hub Follow the instructions onscreen for guidance through the installation process and setup.</p> <p>Download for Windows Download for Mac Instructions for Linux</p>	<p>2. Choose your Unity version Install the latest version of Unity, an older release, or a beta featuring the latest in-development features.</p> <p>Visit the download archive</p>	<p>3. Start your project Begin creating from scratch, or pick a template to get your first project up and running quickly. Access tutorial videos designed to support creators, from beginners to experts.</p> <p>Access our Pro Onboarding Guide</p>
---	---	--

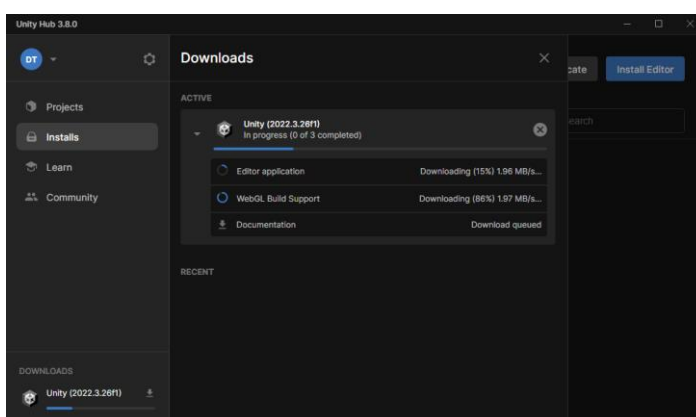
Obrázok 3 – Sťahovanie Unity, dostupné na: <https://unity.com/download>



Obrázok 4 – Prihlasovanie do Unity, zdroj: Unity

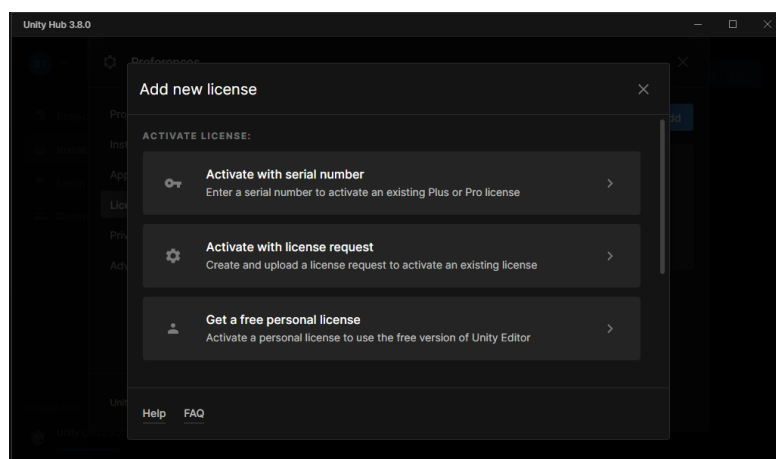


Obrázok 5 – Inštalovanie Unity Editoru, zdroj: Unity



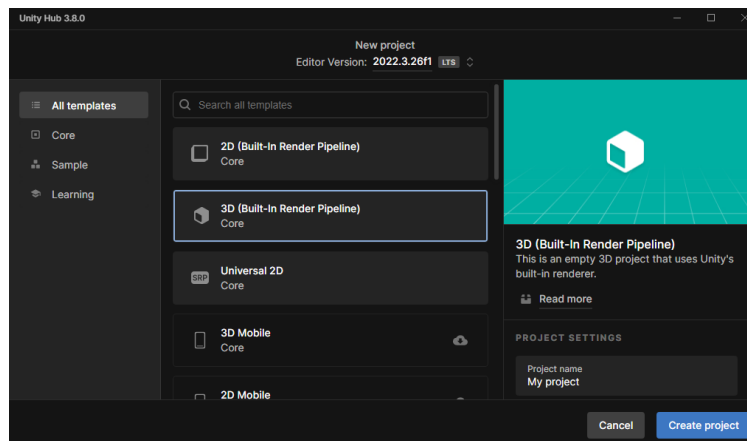
Obrázok 6 – Kontrola inštalovania Unity Editoru, zdroj: Unity

Počas inštalácie môžeme skontrolovať a prípadne pridať platenú licenciu. To spravíme v nastaveniach v položke Licenses, kde máme tlačidlo pre pridanie licencií. Pokiaľ si používateľ verifikuje svoj účet po registrácii, musí ju tam aktivovať. Po zakliknutí *Get a free personal license* (Získať osobnú licenciu zadarmo) stačí iba súhlasiť s podmienkami a dostaneme zadarmo licenciu Unity Personal.



Obrázok 7 – Pridávanie licencie, zdroj: Unity

Následne v položke Projects klikneme na New project a vyberieme 3D šablónu. Pokiaľ by sme chceli pracovať s iným frameworkom ako napríklad ARKit, môžeme vybrať aj 3D Mobile šablónu. Po pravej strane môžeme nastaviť informácie o projekte – meno projektu, lokáciu pre uloženie, meno organizácie (čo v našom prípade bude prezývka nášho Unity účtu, je možné to zmeniť na stránkach Unity). Taktiež tu máme možnosť pripojenia do Unity Cloud a Unity Version Control. Unity Cloud nám dovoľuje v zásade odkiaľkoľvek získať prístup priamo do projektu a zároveň nám to uľahčuje prácu v nastavovaní herných internetových služieb. Unity Version Control dáva prístup viacerým osobám do projektu, čo na licencií zdarma sú traja ľudia. Po chvíľke sa dostaneme do Unity Editoru a môžeme začať vyvíjať náš projekt.



Obrázok 8 – Založenie projektu, zdroj: Unity

3.2. Unity Editor

Unity Editor je vývojové prostredie (IDE), ktoré sa používa na vytváranie a upravovanie hier alebo aplikácií, či už dvojdimenzionálne alebo trojdimenzionálne. Jeho rozhranie si podľa vlastných potrieb vieme upraviť avšak pre ľahšie vysvetlenie budeme pracovať so základným prednastavením rozhrania. Pred prácou je dobre spomenúť, že sa neodporúča pri nazývaní objektov, adresárov alebo obrázkov používať diakritiku alebo medzery.

Pred samotným vývojom aplikácie je potrebné si vysvetliť rozhranie Unity Editoru a stavebné prvky, s ktorými sa môžeme stretnúť.

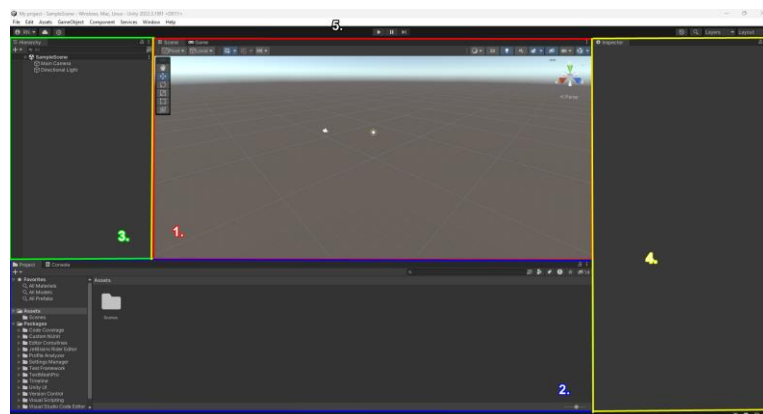
1. Scéna (*Scene*): Scéna umožňuje interakciu s objektmi v trojrozmernom priestore. V tejto oblasti je vývojár schopný vidieť, čo je v danej scéne zobrazené. Okrem toho má možnosť upravovať objekty v scéne pomocou dostupných nástrojov na prechod a transformáciu. Pomocou týchto nástrojov dokáže vývojár priamo manipulovať s objektami (napríklad presunutie objektov, otáčanie alebo zväčšovanie/zmenšovanie objektov)

2. Projekt (*Project*)/Konzola (*Console*): Panel projektu zobrazuje všetky súbory a zdroje (assets) dostupné pre otvorený projekt. Môže obsahovať skripty, textúry, modely, zvuky alebo ďalšie súbory, ktoré môžeme ľahko presunúť do scény alebo hierarchie. Po prekliknutí na konzolu môžeme vidieť chyby, upozornenia a výstupy z projektu. Táto časť je dôležitá pre ladenie a optimalizáciu kódu a aplikácie.

3. Hierarchia (*Hierarchy*): Panel hierarchie prezentuje všetky objekty v aktuálnej scéne zoradené hierarchicky. Poskytuje vývojárom efektívny spôsob ako rýchlo identifikovať a vybrať objekty a ich komponenty. Taktiež umožňuje úpravu vzťahov a závislostí medzi nimi. Dokáže to byť veľmi nápomocný nástroj pri práci s modelmi, nakoľko si tu vieme nastaviť aj lokálnu viditeľnosť každej položky.

4. Inšpektor (*Inspector*): Panel inšpektora zobrazuje podrobnosti vybraného objektu alebo komponentu, ako napríklad jeho vlastnosti, nastavenia a priradené skripty. Poskytuje vývojárom možnosť prispôbiť a modifikovať objekty podľa ich požiadaviek.

5. Režim hry (*Play Mode*): V režime Play Mode je možné testovať svoju hru alebo aplikáciu priamo v Unity Editore. Počas tohto režimu je možné overiť funkčnosť, animácie, fyziku a ďalšie aspekty nášho projektu.



Obrázok 9 – Rozhranie Unity Editoru, zdroj: Unity

Následne je potrebné si predstaviť samotné stavebné prvky, s ktorými sa môžeme stretnúť pri vývoji AR aplikácie.

Objekty (GameObject) sú základným stavebným blokom, ktoré predstavujú rôzne herné prvky ako postavy, predmety, prostredia, svetelné zdroje, kamery a ďalšie. Tieto objekty sú nazývané GameObjecty a fungujú ako kontajnery, do ktorých môžu vývojári pridávať rôzne komponenty. Tieto komponenty môžu zahŕňať skripty, prefaby, renderovanie, zvuky a fyzikálne vlastnosti. Vďaka týmto komponentom môžu vývojári prispôsobiť a modifikovať správanie a vzhľad objektov podľa požiadaviek hry alebo aplikácie.

Modely (Models) v Unity predstavujú 3D objekty, ktoré tvoria vizuálnu podobu herného sveta. Tieto modely môžu zahrňovať geometriu, textúry, materiály, animácie a rôzne úrovne detailov. Vývojári majú možnosť importovať modely z externých 3D modelovacích nástrojov, ako sú Blender, 3ds Max alebo Maya. Modely sa môžu deliť na statické, ktoré sú pevné a nepohybujú sa (napríklad budovy), a dynamické, ktoré sa pohybujú alebo menia svoju podobu (napríklad postavy alebo vozidlá).

Materiály (Materials) sú používané na prispôbenie vzhľadu objektov ako sú farby, textúry a svetelné efekty. Tieto materiály využívajú skripty na definovanie, ako by mal byť objekt vykreslený v závislosti na svetelných podmienkach a kamere. Vývojári majú možnosť vytvárať vlastné materiály a priradiť ich k objektom v scéne, čím menia ich vizuálny vzhľad.

Prefab (skratka pre „prefabricated“) je špeciálny typ GameObjectu, ktorý slúži ako šablóna alebo modul pre opakované použitie v projekte. Prefaby umožňujú vývojárom vytvárať kompletne objekty s nastaveniami, komponentami a vnorenými objektami, ktoré možno ľahko inštanciovat' (duplikovať) a umiestniť do scény. Použitie prefabov v Unity prináša hneď niekoľko výhod, ako napríklad opakovateľnosť, jednoduchú aktualizáciu, rýchlosť vývoja, konzistenciu alebo optimalizáciu.

Opakovateľnosť: Prefaby umožňujú vytvárať jednotlivé objekty alebo celé súbory objektov, ktoré možno opakovane používať vo viacerých častiach projektu.

Jednoduchá aktualizácia: Zmeny v prefaboch sa automaticky prejavia vo všetkých inštanciách prefabu vo vašej hre alebo aplikácii, čo zjednodušuje údržbu a aktualizácie.

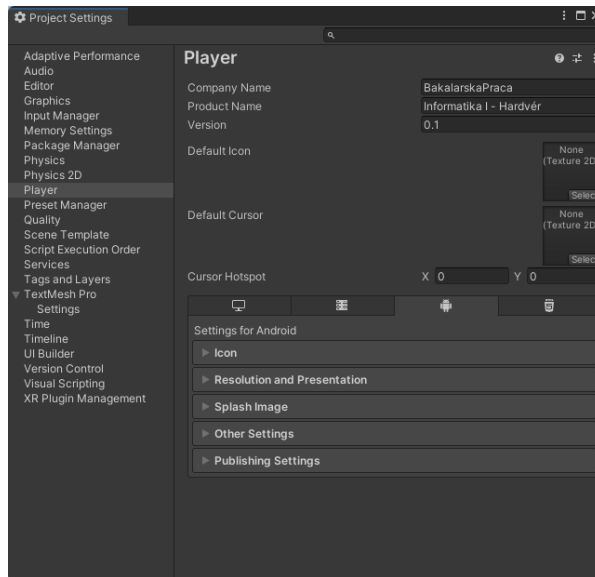
Rýchlosť vývoja: Vďaka použitiu prefabov sa znižuje čas potrebný na tvorbu nových objektov, pretože ich môžete jednoducho vytvárať pomocou existujúcich prefabov.

Konzistencia: Prefaby zabezpečujú konzistentný vzhľad a správanie objektov vo vašej hre alebo aplikácii, čo pomáha udržiavať jednotný štýl a kvalitu.

Optimalizácia: Použitie prefabov môže zlepšiť výkonnosť hry alebo aplikácie tým, že minimalizuje záťaž na pamäť a procesor.

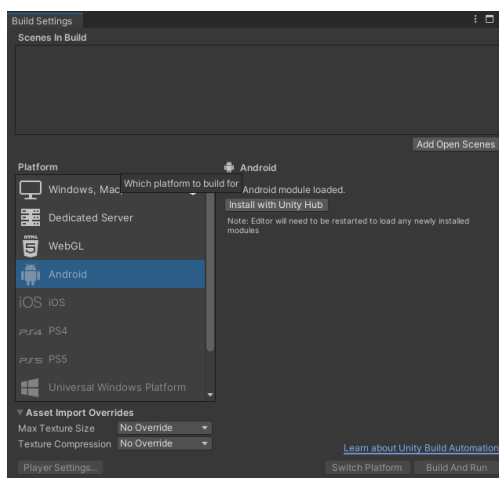
Príkladom prefabu môže byť napríklad cesta s chodníkom pri modelovaní mesta. Vďaka tomuto prefabu dokážeme rýchlo a efektívne vytvoriť základ ulíc pre mesto, ktoré sa môžeme snažiť namodelovať. Keby bola potreba tento základ nejak upraviť, stačí upraviť iba prefab a všetky inštancie ulíc sa automaticky zaktualizujú.

Dôležitým nástrojom sú taktiež nastavenia projektu. K nim sa dostaneme jednoducho, keď v hlavnom navigačnom menu klikneme na *Edit -> Project settings* (Upraviť -> Nastavenia projektu). V položke *Player* (hráč) nájdeme väčšinu nastavení, ktoré treba pre začiatok nastaviť. Môžeme tu nastaviť názov spoločnosti (*Company Name*), názov projektu (*Product Name*) alebo verziu (*version*) ako je vidieť na obrázku číslo 10. Ďalej nižšie môžeme vidieť zobrazené ikonky, z ktorých každá reprezentuje platformu, pre ktorú chceme vytvoriť aplikáciu. Na obrázku môžeme taktiež vidieť vybranú ikonku pre Android, kde vieme zadať nastavenia priamo iba pre túto platformu. Napríklad v položke *Icon* (Ikona) vieme nastaviť ikonu aplikácie. Avšak je dôležité skontrolovať minimálnu podporovanú verziu Androidu – to spravíme kliknutím na položku *Other Settings* (Iné nastavenia), kde v sekcii *Identification* (Identifikácia) nájdeme možnosť *Minimum API Level* (Minimálna úroveň API). Tu je potrebné zmieniť, že kvôli nášmu spôsobu vývoja aplikácie treba nastaviť minimálny level API na 22 a nie 23 ako je nastavené v základe. Buď to môžeme nastaviť rovno tu, alebo v súboroch nastavíme minimálny možný level na 22 (na ceste *C:\Users\MenoPoužívateľ\.gradle\cache\transforms-3\b242c4f34f2e78029e2f961b0519df02\transformed\VuforiaEngine* by sa mal nachádzať súbor *AndroidManifest.xml*, kde cez ľubovoľný editor (napríklad Notepad++) upravíme riadok `<uses-sdk android:minSdkVersion="23" />`, kde namiesto 23 napíšeme 22 – cesta k súboru sa môže líšiť, avšak pomocou chybovej správy pri takzvanom buildovaní (vytvorenie spustiteľného súboru) ju môžeme presne zistiť).



Obrázok 10 – Project Settings, zdroj: Unity

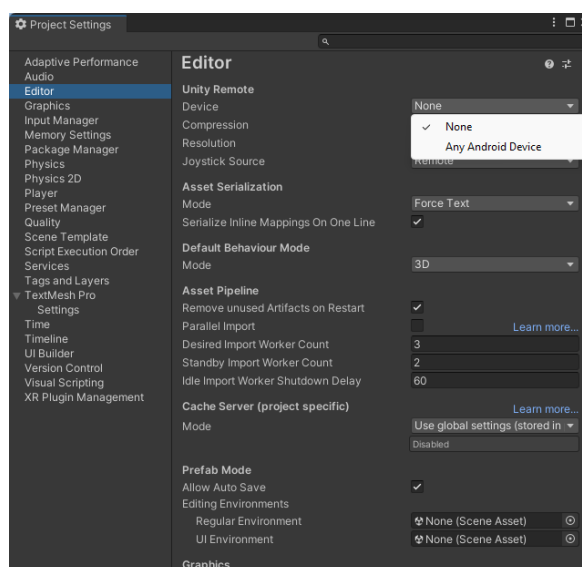
Ďalej je dôležité nastaviť nastavenia pre vytvorenie spustiteľného súboru (*Build settings*). Tieto nastavenia nájdeme v hlavnom menu *File -> Build Settings*. Ako prvé si v časti *Platform* (Platforma) vyberieme a nainštalujeme žiadanú platformu aplikácie, ktorú vyvíjame. V hornej časti sú *Scenes in Build* (Scény v zostave) – tu vyberáme, ktoré scény chceme začleniť do aplikácie. Po zakliknutí tlačidla *Add Open Scenes* (Pridať otvorené scény) pridáme každú otvorenú scénu v projekte. Pomocou zakliknuteľného boxu môžeme potom ľubovoľne odklikávať nepožadované scény preč. Je dôležité pamätať na to, že pri vytvorení spustiteľného súboru je dôležité mať zakliknutú minimálne jednu scénu, inak po spustení neuvidíme v aplikácii nič. Pokiaľ je všetko správne nastavené, môžeme vytvoriť aplikáciu cez tlačidlo *Build* (prípadne *Build and Run*).



Obrázok 11 – Build Settings, zdroj: Unity

Pre nainštalovanie nástrojov na vytvorenie aplikácie pre mobilné zariadenie si vyberieme požadovanú platformu a klikneme na tlačidlo *Install with Unity Hub* (Nainštalovať cez Unity Hub), ktoré nám to automaticky nainštaluje. V tejto práci sa zameriame na vytvorenie Android aplikácie, avšak postup pre iOS aplikáciu je podobný. Keď už budeme mať pripravenú aplikáciu je dôležité poslednýkrát skontrolovať všetky nastavenia, hlavne v nastaveniach hráča. Skontrolujeme, či sme zadali správne názvy, nastavíme minimálny podporovaný API level, nastavíme cieľový API level (*Target API Level*) kde sa odporúča využiť čo najnovšiu verziu. Po skontrolovaní prejdeme do *Build settings*. Pokiaľ klikneme na možnosť *Build* (Zostaviť) tak sa nám vytvorí súbor s príponou .apk, ktorý môžeme napríklad pomocou USB kábla dostať do mobilného zariadenia a nainštalovať. Pokiaľ sa však rozhodneme zakliknúť tlačidlo *Build and Run* (Zostaviť a Spustiť) pripojíme Android mobilné zariadenie pomocou USB kábla, môžeme automaticky pomocou Unity zostaviť a rovno nainštalovať aplikáciu na pripojenom zariadení. Treba predtým ale skontrolovať, či máme povolený *USB debugging* režim a že naše zariadenie je kompatibilné.

Pri Android zariadení je možné testovať našu aplikáciu priamo cez Unity pomocou aplikácie Unity Remote. Vďaka tejto aplikácii vieme rýchlo otestovať našu aplikáciu bez zostavenia a inštalovania súboru do nášho zariadenia. Po stiahnutí z Google Play Store pripojíme naše zariadenie cez USB kábel do počítača a zapneme Unity Remote. V Unity cez *Edit -> Project Settings -> Editor* nastavíme Unity Remote položku *Device* (Zariadenie) z *None* (Žiadne) na *Any Android Device* (Akékoľvek Android Zariadenie).



Obrázok 12 – Nastavenie Unity Remote, zdroj: Unity

3.3. AR Aplikácia

V tejto časti sa pozrieme na konkrétne vytvorenie jednoduchej AR aplikácie pre Android mobilné zariadenia pomocou Vuforia Engine. Ako základ, na ktorom budeme pracovať je učebnica *Informatika I – Hardvér*, kde cieľom aplikácie je vytvorenie digitálnych tlačidiel, vďaka ktorým sa cez naše mobilné zariadenie otvorí video, ktoré nám tematicky dodá viac informácií.

3.3.1. Príprava podkladov

Ako prvé je si pripraviť potrebnú učebnicu, na ktorej budeme pracovať. Odporúča sa mať učebnicu naskenovanú v digitálnom tvare (napríklad PDF súbor), aby sme jednoducho dokázali dostať stránky, na ktorých budeme pracovať do Unity. Dôležité je vybrať, kde budeme chcieť mať umiestnené digitálne tlačidlá v zobrazovanom texte (napríklad pri obrázkoch alebo na spodnej časti textu a podobne) a nájsť k nim vhodný obsah (videá, články a podobne), ktoré k nim priradíme.

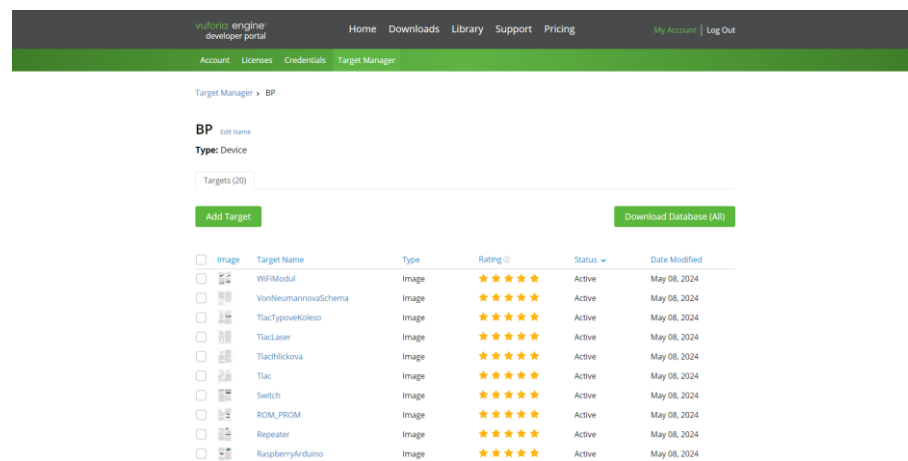
Následne si musíme nainštalovať Vuforia Engine do Unity. Na stránke <https://developer.vuforia.com/downloads/sdk> si vyberieme možnosť *Add Vuforia Engine to a Unity Project or upgrade to the latest version* (Pridanie Vuforia Engine do Unity projektu alebo aktualizovať na najnovšiu verziu), ktorý nám stiahne balíček pre Unity. Nainštalujeme môžeme napríklad metódou „Drag&Drop“, čiže balíček pretiahneme do Unity, kde nám následne vyskočí dialógové okno, kde nám už iba stačí zakliknúť tlačidlo *Import* (Importovať).

Je dobré si dopredu pripraviť ikonky pre digitálne tlačidlá, ktoré by sme chceli použiť. Odporúča sa použiť ikonky s transparentným pozadím pre lepšiu výzor tlačidiel. Pokiaľ by vývojár chcel, môže si ich navrhnuť aj sám, avšak v tejto práci využijeme ikony dostupné na internete.

3.3.2. Vytvorenie aplikácie

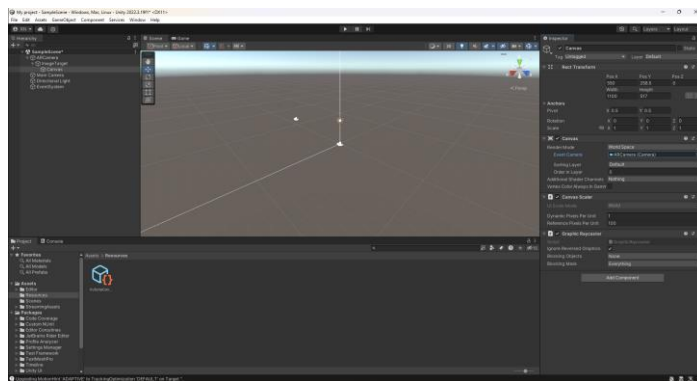
Prvý krok je vytvorenie konta na stránkach Vuforie. Po tomto kroku si môžeme v položke *Licences* (Licencie) zažiadať o bezplatnú licenciu, ktorú neskôr pridáme do Unity. Následne sa na tej istej stránke presunieme do záložky *Target Manager* (Cieľový manažér). Po zakliknutí na tlačidlo *Generate Database* (Generovať databázu), nastavíme meno databázy a ako typ nastavíme *Device* (Zariadenie). Po následnom vstupe do databázy môžeme pridať naskenované stránky a to tak, že klikneme na tlačidlo *Add Target* (Pridať

cieľ). V dialógovom okne vyberieme ako typ *Image* (Obrázok), vyberieme súbor obrázku, pre *Width* (Šírka) nastavíme hodnotu 1 a nastavíme meno. Treba myslieť na to, že Vuforia pri obrázkoch podporuje iba 8 bitový šedý obrázok alebo 24 bitový farebný obrázok s príponami JPG alebo PNG. Po nahrávaní je dobré si všímať hodnotenie kvality obrázku. Pre dobrú kvalitu by sme mali mať minimálne 4 alebo 5 hviezdíčiek, nakoľko keby máme menej, kamera môže mať problém neskôr rozoznať stránku, z ktorej sa snažíme získať digitálne tlačidlo. Po nahratí všetkých stránok klikneme na tlačidlo *Download Database (All)* (Stiahnuť databázu (Všetko)), vyberieme možnosť *Unity Editor* a stiahneme. Po stiahnutí nainštalujeme našu databázu do Unity rovnakým spôsobom, ako sme nainštalovali Vuforia Engine.



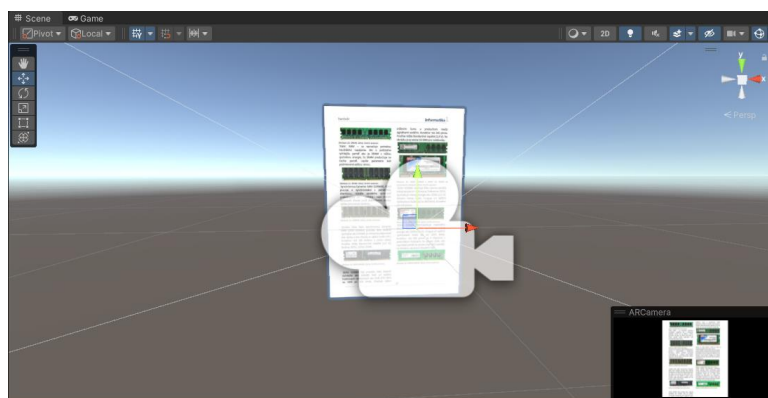
Obrázok 13 – Vytvorenie databázy, dostupné na: <https://developer.vuforia.com>

Následne sa môžeme presunúť do Unity. Ako prvé vyberieme z vrchných možností *GameObject -> Vuforia Engine -> AR Camera*. Následne cez inšpektor vyberieme možnosť *Open Vuforia Engine configuration* (Otvoriť konfiguráciu Vuforia Engine), kde v poli *App License Key* (Licenčný kľúč aplikácie) môžeme pridať našu licenciu, ktorú sme si vytvárali na stránkach Vuforie. Následne pridáme *Canvas* (Plátno), na ktorom sa nám budú zobrazovať stránky z učebnice. To spravíme pravým klikom na *ARCamera* v hierarchii, kde vyberieme z možností *Vuforia Engine -> ImageTarget*. Následne tento proces zopakujeme na novom vytvorenom *ImageTarget* a vyberieme možnosť *UI -> Canvas*. V plátne cez inšpektor nastavíme *Render Mode* (Režim vykresľovania) na možnosť *World Space* a ako *Event Camera* vyberieme zo scény *ARCamera*.



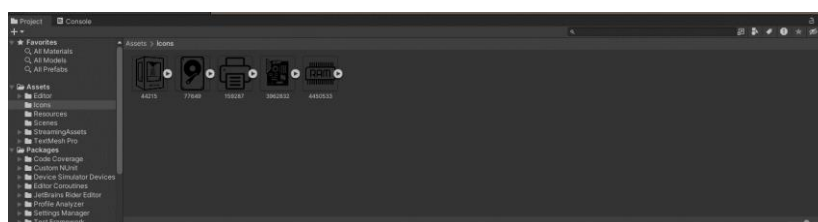
Obrázok 14 – Pridanie ARCamera, zdroj: Unity

V *ImageTarget* následne tiež cez inšpektora nastavíme typ na *From Database*, čo nám otvorí možnosti *Database* a *Image Target*, kde si vyberieme konkrétne jednu stranu, na ktorej budeme pracovať. Zároveň je potrebné nastaviť aj pozíciu tohto obrázku tak, aby to ARCamera dokázala dobre vidieť. K tomu nám môže pomôcť dialógové okno, ktoré sa nám otvorí v rohu scény, vďaka ktorému vieme povedať čo ARCamera vidí.



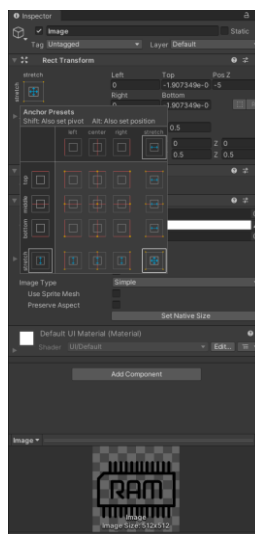
Obrázok 15 – Scéna v Editore, zdroj: Unity

Následne pridáme tlačidlo pomocou pravého kliku na *Canvas* a vyberieme *UI -> Button*, kde môžeme vymazať text, ktorý sa spolu s ním vytvorí, nakoľko ho v tomto prípade nebudeme potrebovať. V inšpektorovi môžeme nastaviť rôzne údaje o tomto tlačidle, ako napríklad veľkosť (odporúča sa využiť štvorcový tvar) alebo nastaviť priehľadnú farbu. V paneli projektu si následne vytvoríme novú zložku, kam si pridáme naše ikony pre tlačidlá.



Obrázok 16 – Pridanie ikon v paneli projektu, zdroj: Unity

Po nahratí všetkých ikoniek je dôležité nastaviť cez inšpektor každému obrázku v položke *Texture Type* (typ textúry) možnosť *Sprite (2D and UI)* pre správne fungovanie. Následne v hierarchii môžeme na miesto, kde sa nachádzal text pridať obrázok. Pravým klikom na *Button* vyberieme *UI -> Image*. Následne v inšpektorovi nastavíme pomocou *Source Image* (Zdrojový obrázok) nami požadovanú ikonku. Je dobré nastaviť aj *stretch* – to znamená, ako sa obrázok bude správať voči tlačidlu. Najlepšie je vybrať poslednú možnosť, ako je vidieť na obrázku číslo 17, pretože vďaka tomu bude ikona v strede tlačidla. Pre lepšiu funkcionality je lepšie spraviť ikonu jemne menšiu oproti tlačidlu (napríklad hodnotami 0.3-0.7 v sekcii *Scale* v inšpektorovi).



Obrázok 17 – Nastavenie stretchu v inšpektorovi, zdroj: Unity

Následne si potrebujeme vytvoriť skript, ktorý dodá funkcionality pre tlačidlá. Po spravení pravého kliku v paneli projektu vyberieme možnosť *Create -> C# Script*, do ktorého pridáme tento skript:

```
using UnityEngine;

using System.Collections;

using System.Collections.Generic;

public class button3d : MonoBehaviour

{

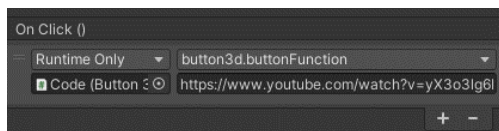
    public void buttonFunction(string btnLink)
```

```

    {
        Application.OpenURL(btnLink);
    }
}

```

Aby sme pridali tento skript do projektu, musíme ho pridať ako objekt v hierarchii. Klikneme na pridanie nového objektu a vyberieme možnosť *Create Empty*. Následne v inšpektorovi zaklikneme možnosť *Add Component* a vyberieme skript. Po pridaní skriptu medzi objekty sa vrátíme na tlačidlo a v inšpektorovi nájdeme možnosť *On Click ()*, kde nastavujeme čo sa má diať s objektom, keď sa naň klikne. Pridáme krok pomocou tlačidla +, v objekte vyberieme náš objekt, v ktorom je zakomponovaný skript, vyberieme mu funkciu a do prázdneho poľa vložíme internetový odkaz na video, ktoré tomu chceme pridať.



Obrázok 18 – Funkcionalita tlačidla, zdroj: Unity

Po všetkých týchto krokoch máme vytvorené naše prvé fungujúce tlačidlo. Ak chceme pridať ďalšie, stačí ho iba zdublikovať, pomocou pôvodného, ktoré sme si už vytvorili a presunúť ho na iné miesto, zmeniť mu ikonu a zmeniť internetový odkaz. Prípadne ku každej ďalšej strane taktiež stačí iba zdublikovať a v objekte *ImageTarget* zmeniť cieľový obrázok a nastaviť tlačidlá podľa potreby umiestnenia. Následne je dôležité projekt uložiť a zostaviť spustiteľnú aplikáciu. Keby sme najprv projekt neuložili, môžeme prísť o zmeny, ktoré sme vykonali a neprejavia sa v spustiteľnom súbore.



Obrázok 19 – Fungujúca AR aplikácia, vlastný zdroj

Záver

Na záver je dôležité zdôrazniť, že použitie rozšírenej reality má potenciál výrazne zvýšiť záujem študentov o vzdelanie, pretože im umožní názorne vidieť procesy, ktoré sú často abstraktné. Pri tvorbe týchto digitálnych pomôcok je nevyhnutné venovať veľkú pozornosť výberu obsahu, kvalite práce a všetkým detailom od metodických po technické. Správne prepojenie metodiky s technickou podporou je kľúčové pre získanie správneho chápania študentov o skúmanej problematike. Používanie rozšírenej reality vo vyučovaní môže byť študentmi veľmi obľúbené, pretože väčšina z nich má svoje smartfóny pri sebe a teší sa z každej príležitosti, keď môžu využiť ich funkcie. Týmto spôsobom ich zvedavosť slúži ako motivačný nástroj, hoci si možno nie sú vedomí toho, že AR je zapojené. Táto technológia prispieva k lepšiemu a rýchlejšiemu pochopeniu študovaného materiálu, pretože študenti majú záujem o ďalší obsah. Na základe štúdií sme zistili, že udalosti, činnosti a fakty sa v praxi ľahšie zapamätajú, ak sú prezentované v dynamickom a interakčnom kontexte. Navyše, v kontexte samoštúdia sa rozšírená realita stáva ešte hodnotnejšou, pretože umožňuje študentom objavovať nové koncepty a učivo vo vlastnom tempe a prostredí. Vďaka interaktívnym funkciám a možnosti prispôbiť obsah individuálnym preferenciám a učebným štýlom sa AR stáva efektívnym nástrojom pre študentov, ktorí preferujú samostatné učenie. Zároveň ponúka príležitosť na praktickú aplikáciu teoretických poznatkov a experimentovanie s rôznymi scenármi, čo môže posilniť ich mieru porozumenia a osvojenie si učiva. V tomto zmysle je rozšírená realita cenným doplnkom k tradičným vzdelávacím metódam a prispieva k rozvoju kritického myslenia a tvorivého problémového riešenia u študentov.

Pri využívaní rozšírenej reality vo vzdelávaní je dôležité si uvedomiť, že technologický pokrok a rýchly vývoj môžu prinášať aj isté riziká a výzvy. Používanie AR aplikácii môže predstavovať riziko v zmysle vytvorenia akéhosi základu pre budovanie digitálnej závislosti u študentoch. Príliš rýchle nasadenie nových technológií môže viesť k nedostatočnej príprave a implementácii, čo by mohlo v konečnom dôsledku obmedziť ich účinnosť a prínos pre vzdelávací proces. Je potrebné venovať rovnakú pozornosť aj ďalším aspektom vzdelávania, ako je napríklad gamifikácia, ktorá môže dopĺňať a posilňovať výučbové prostredie AR. Integrácia gamifikačných prvkov môže pomôcť zvýšiť motiváciu, zapojenie a záujem študentov, čím prispieva k celkovému zlepšeniu učebného procesu. Zároveň umožňuje flexibilný a personalizovaný prístup k vzdelávaniu, ktorý zohľadňuje individuálne potreby a formy učenia študentov. Preto je dôležité mať na pamäti, že AR by

nemalo byť jediným riešením vo vzdelávaní, ale skôr súčasťou komplexného a dobre premysleného prístupu. Kombinácia rôznych pedagogických prvkov a technologických nástrojov môže viesť k dosiahnutiu optimálnych výsledkov a podporiť efektívne učenie a rozvoj študentov v digitálnom veku.

Inšalačný súbor výslednej aplikácie je dostupný k stiahnutiu na internetových stránkach Katedry aplikovanej informatiky v časti Informatika I (<https://fhi.euba.sk/katedry/katedra-aplikovanej-informatiky/studijne-materialy>).

ZDROJE

- [1] XU, Z. - ZHAO, Y. - LIEW, J. - ZHOU, X. - KOGUT, A. Synthesizing research evidence on self-regulated learning and academic achievement in online and Blended Learning Environments: A scoping review. In *Educational Research Review* [online]. 2023. [cit. 2024-05-02]. Dostupné na internete: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1747938X23000039?via%3Dihub>
- [2] KOUMPOUROS, Y. Revealing the true potential and prospects of augmented reality in education - smart learning environments. In *SpringerOpen* [online]. 2024. [cit. 2024-05-02]. Dostupné na internete: <https://slejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40561-023-00288-0>
- [3] Infiniti's augmented reality in-store experience. In *PTC* [online]. 2024. [cit. 2024-05-02]. Dostupné na internete: <https://www.ptc.com/en/case-studies/infiniti-augmented-reality-in-store-experience>
- [4] Mercedes AR Customer Support: AR user manual. In *PTC* [online]. 2024. [cit. 2024-05-02]. Dostupné na internete: <https://www.ptc.com/en/case-studies/mercedes-augmented-reality-customer-support>
- [5] Top 21 augmented reality games. In *Play AR Games - Genesis Augmented Reality* [online]. [cit. 2024-05-02]. Dostupné na internete: <https://genisisaugmented.com/augmented-reality-games>
- [6] HALL, C. What is google maps ar navigation and live view and how do you use it? In *Pocket* [online]. 2023. [cit. 2024-05-02]. Dostupné na internete: <https://www.pocket-lint.com/what-is-google-maps-ar-navigation-live-view>
- [7] BARDI, J. Virtual reality defined & use cases. In *3D Cloud by Marxent* [online]. 2024. [cit. 2024-05-02]. Dostupné na internete: <https://www.marxentlabs.com/what-is-virtual-reality/>

- [8] YASAR, K. - SHELDON, R. What is virtual reality? definition from TechTarget. In *WhatIs* [online]. 2024. [cit. 2024-05-02]. Dostupné na internete: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/virtual-reality>
- [9] MAROUGKAS, A. - TROUSSAS, C. - KROUSKA, A. - SGOUROPOULOU, C. How personalized and effective is immersive virtual reality in education? A systematic literature review for the last decade - multimedia tools and applications. In *SpringerLink* [online]. 2023. [cit. 2024-05-02]. Dostupné na internete: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11042-023-15986-7>
- [10] Umelá Inteligencia: čo by ste radšej mali vedieť. In *European Youth Portal* [online]. 2021. [cit. 2024-05-02]. Dostupné na internete: https://youth.europa.eu/get-involved/your-rights-and-inclusion/artificial-intelligence-what-you-should-better-know_sk
- [11] ABULIBDEH, A. - ZAIDAN, E. - ABULIBDEH, R. Navigating the confluence of Artificial Intelligence and Education for sustainable development in the era of industry 4.0: Challenges, opportunities, and ethical dimensions. In *Journal of Cleaner Production* [online]. 2024. [cit. 2024-05-02]. Dostupné na internete: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652623046851>
- [12] SUBIRATS, L. - NOUSIAINEN, T. - HOODA, A. - RUBIO-ANDRADA, L. - FORT, S. - VESISENAHU, M. - SACHA, G.M. Gamification based on user types: When and where it is worth applying. In *MDPI* [online]. 2023. [cit. 2024-05-02]. Dostupné na internete: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/4/2269>
- [13] DONALLY, Jaime. 2022. Immersive classroom: Create customized learning experiences with AR/VR. Moorabin: Hawker Brownlow Education. ISBN: 978-1-56484-853-6

- [14] DONALLY, Jaime. 2022. Immersive classroom: Create customized learning experiences with AR/VR. Moorabin: Hawker Brownlow Education. str. 23 ISBN: 978-1-56484-853-6
- [15] CRIOLLO-C, S. - GUERRERO-ARIAS, A. - GUAÑA-MOYA, J. - SAMALA, A.D. - LUJÁN-MORA, S. Towards sustainable education with the use of mobile augmented reality in early childhood and primary education: A systematic mapping. In *MDPI* [online]. 2024. [cit. 2024-05-02]. Dostupné na internete: <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/3/1192>
- [16] The best assets for game making. In *Unity Asset Store* [online]. [cit. 2024-05-02]. Dostupné na internete: <https://assetstore.unity.com>
- [17] Download unity personal: Get unity for free. In *Unity* [online]. [cit. 2024-05-02]. Dostupné na internete: <https://unity.com/products/unity-personal>
- [18] Real-time tools for 3D, AR, and VR Development: Products. In *Unity* [online]. [cit. 2024-05-02]. Dostupné na internete: <https://unity.com/products>
- [19] Model targets. In *Model Targets | Vuforia Library* [online]. [cit. 2024-05-02]. Dostupné na internete: <https://developer.vuforia.com/library/objects/model-targets>
- [20] Vuforia Engine pricing. In *PTC* [online]. 2024. [cit. 2024-05-02]. Dostupné na internete: <https://www.ptc.com/en/products/vuforia/vuforia-engine/pricing>