

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe

Tehnička dokumentacija Verzija 2.4

Studentski tim:

Mihael Miklec
Stipe Paradžik
Sara Pranjić
Ana Sundji
Šimun Šprem
Nikola Vugdelija

Nastavnici:

Prof. dr. sc. Maja Matijašević
Izv. prof. dr. sc. Lea Skorin-Kapov
Doc. dr. sc. Mirko Sužnjević

Asistentica:

Mag. ing. Sara Vlahović

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

Sadržaj

1. Dnevnik promjene dokumentacije	4
2. Uvod.....	6
3. Opis i cilj projektnog zadatka	10
4. Korištene tehnologije i alati	11
5. Korisničko napredovanje kroz aplikaciju	15
6. Izrada aplikacije	20
6.1. Korisničko sučelje.....	20
6.2. Postignuća	22
6.3. Mini lekcije	25
6.4. Kviz	28
6.5 Implementacija proširene stvarnosti u aplikaciji	30
7. Povezivanje s aplikacijskim poslužiteljem i bazom podataka	31
7.1. Aplikacija	32
7.2. Aplikacijski poslužitelj	34
7.3. Baza podataka	36
8. Funkcionalni zahtjevi.....	39
8.1. Opis i dijagram obrazaca uporabe.....	40
8.2 Sekvencijski dijagram	44

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

8.3 Dijagram aktivnosti	45
8.4 Dijagram razmještaja	46
8.5 Dijagram komponenti	47
9. Ostali zahtjevi	48
10. Budući rad	48
10.1. Trenutni nedostaci	49
10.2. Nove mogućnosti	49
11. Zaključak	52
12. Popis literature	54

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

1. Dnevnik promjene dokumentacije

Rev.	Opis promjene/dodatka	Autori	Datum
0.1	Napisano poglavlje o korisničkoj progresiji	Mihael Mikleć	08.12.2019.
0.2	Napisan uvod te opis i cilj projektnog zadatka	Mihael Mikleć	28.12.2019.
0.3	Dodano poglavlje o korištenim tehnologijama i alatima	Šimun Šprem	03.01.2019.
0.4	Dodano poglavlje o korisničkom sučelju	Sara Pranjić	12.01.2020.
0.5	Dodano poglavlje o postignućima	Stipe Paradžik	14.01.2020.
0.6	Dodana poglavlja o funkcionalnim i ostalim zahtjevima	Sara Pranjić	19.01.2020.
0.7	Dodano poglavlje o mrežnoj komponenti	Mihael Mikleć	19.01.2020.
0.8	Dopunjeno poglavlje o korištenim tehnologijama i alatima s tehnologijama korištenim za razvoj mrežne komponente	Mihael Mikleć	19.01.2020.
0.9	Dodano poglavlje o budućem radu	Ana Sundji	20.01.2020.
1.0	Dodano poglavlje o mini lekcijama	Ana Sundji	20.01.2020.
1.1	Dopunjeno poglavlje o budućem radu	Mihael Mikleć	20.01.2020.
1.2	Dodani obrasci uporabe i dijagram obrazaca	Šimun Šprem,	20.01.2020.

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

	uporabe	Nikola Vugdelija, Stipe Paradžik	
1.3	Uređivanje obrazaca uporabe	Mihael Miklec	20.01.2020.
1.4	Dodano poglavlje o kvizu	Šimun Šprem	20.01.2020.
1.5	Dodano kratko poglavlje o implementaciji AR mogućnosti	Nikola Vugdelija	20.01.2020.
1.6	Dodan zaključak	Mihael Miklec	20.01.2020.
1.7	Uređena literatura	Mihael Miklec	21.01.2020.
1.8	Detaljno uređivanje cijele dokumentacije i priprema za predaju	Mihael Miklec	21.01.2020.
1.9	Dodan sekvencijski dijagram	Mihael Miklec	24.01.2020.
2.0	Dodan dijagram aktivnosti	Mihael Miklec	24.01.2020.
2.1	Uređivanje dokumentacije	Mihael Miklec	24.01.2020.
2.2	Dodan dijagram razmještaja	Mihael Miklec	25.01.2020.
2.3	Dodan dijagram komponenti	Mihael Miklec	25.01.2020.
2.4	Prevođenje elemenata aplikacije koji nisu bili na hrvatskom te dodavanje novih slika	Stipe Paradžik, Ana Sundji, Šimun Šprem	26.01.2020.

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

2. Uvod

Proširena stvarnost (engl. *augmented reality*, skraćeno AR) moćan je alat za različite vizualizacije u realnom vremenu, ona koristi svijet u kojem korisnik obitava kao trodimenzionalni predložak na koji može postaviti vizualne i zvučne digitalne podražaje, na taj način proširujući korisnikovu percepciju svijeta.

Iako su mnogi ljudi upoznati s idejom proširene stvarnosti preko znanstveno fantastičnih filmova iz 80-ih i 90-ih godina 20. stoljeća, prvi napor u njezinom razvoju su krenuli još ranije, točnije 1968. godine na Harvardu. Tada je računarski znanstvenik Ivan Sutherland, znan kao otac računalne grafike, razvio prvi AR zaslon koji se stavljao na glavu poznat pod nazivom „*Sword of Damocles*“, prikazan na slici 2.1. Taj uređaj ujedno se smatra i prvim VR (engl. *virtual reality*) uređajem [1].



Slika 2.1 – „The Sword of Damocles“ – prvi primjer AR zaslona i VR uređaja (preuzeto iz [2])

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

Istraživanje tehnologije proširene stvarnosti nastavilo se kroz 1970-ih i 1980-ih na sveučilištima i u vojnim institucijama, a usporedno su se razvijali komercijalni prenosivi uređaji poput walkmana, digitalnih satova i osobnih digitalnih pomoćnika (engl. *personal digital assistant*, skraćeno PDA). Sinergija tih dviju grana tehnologija bila je ključna u daljnjem razvoju proširene stvarnosti. Termin proširena stvarnost (engl. *augmented reality*) prvi put je korišten tek u ranim 1990-ima, a osmislili su ga Caudell i Mizell dok su u Boeingu razvijali eksperimentalni AR sistem koji bi radnicima olakšao sklapanje kablaskih svežnjeva. Nekoliko godina kasnije, nakon što su računalni uređaji postali dovoljno snažni i kompaktni, napravljen je i prvi rani prototip mobilnog AR sistema koji je povezivao turističke 3D grafičke informacije sa zgradama i artefaktima koje je posjetitelj pogledao.

Do kraja 20. stoljeća, proširena stvarnost kao tehnološka grana je sazrela i postala vlastito istraživačko područje. Stvorene su organizacije poput MRLab-a (Mixed Reality Systems Laboratory) i Arvika konzorcijuma te su pokrenute mnoge znanstvene konferencije usmjerene na proširenu stvarnost, a razvoj i rad na aplikacijama proširene stvarnosti omogućen je i olakšan pomoću besplatnih alata poput ARToolKit-a [3].

Prva komercijalna uporaba proširene stvarnosti bila je 2008. godine kada su njemačke agencije Buzzin Monkey i die agentour GmbH napravile reklamu za časopis koja se može isprintati, a kada bi se postavila pred web kameru, na ekranu bi iskočio 3D model MINI Cabria kojeg su reklamirali (prikazano na slici 2.2). Kako je virtualni model bio vezan za markere na papiru, korisnik je mogao kontrolirati auto na ekranu i pogledati ga iz različitih kutova pomicanjem papira [4]. U narednim godinama su kompanije poput Coca-Cole, National Geographica i Disneya otišli i korak dalje s primjenom proširene stvarnosti u marketinške svrhe.

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.



Slika 2.2 – 3D model MINI Cabria prikazan pomoću AR-a (preuzeto iz [4])

Nastanak i širenje pametnih telefona te populariziranje tehnologije višedodirnog unosa (engl. *multi-touch input*, omogućava da korisnici mogu koristiti više prstiju pri interakciji s ekranom) koje je započeo Apple sa prvim iPhoneom omogućilo je da proširena stvarnost nađe svoj dom u mobitelima i mobilnim aplikacijama. Štoviše, prva asocijacija na proširenu stvarnost danas će mnogim ljudima biti neka mobilna aplikacija poput iznimno popularne mobilne igre Pokemon GO iz 2016. ili naljepnice i filteri kojima se mogu ukrasiti ili izmijeniti slike u Snapchatu.

Danas se razne vrste implementacija proširene stvarnosti mogu podijeliti u četiri grube kategorije [5]:

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

1. Proširena stvarnost bazirana na projekciji – Svjetlost se projicira na neki stvarni objekt ili površinu sa kojom će korisnik biti u interakciji. Interakcija korisnika sa tom projekcijom registrira se tako da AR sustav razlikuje očekivanu projekciju i stvarnu projekciju (odstupanje od očekivane prouzrokovano korisnikovom interakcijom). Najčešće je ostvarena projektorom.

2. Proširena stvarnost bazirana na superimpoziciji – Kamerom se snima određena scena pa se zatim prikaz te scene djelomično ili potpuno zamijeni promijenjenim, nadopunjenim prikazom te scene. Primjer korištenja takve proširene stvarnosti je aplikacija Ikea Place koja korisnicima dopušta da iz različitih kuteva pregledaju 3D modele preko 2000 produkata iz Ikeinog kataloga, te da ih smjeste u svoje sobe i tako vide kako se taj namještaj uklapa sa ostatkom prostorije prije nego ga kupe [6].

3. Proširena stvarnost bazirana na markerima – Takva vrsta proširene stvarnosti koristi kamere i neku vrstu vizualnog markera (može biti slika ili QR kod) kako bi se na neki način nadogradila stvarnost nakon što je marker očitao kamerom. Prije spomenuta BMW-ova marketinška kampanja za MINI Cabrio iz 2008. godine primjer je ove vrste proširene stvarnosti, kao i ova edukativna AR aplikacija o kojoj će se dalje pisati u tehničkoj dokumentaciji.

4. Proširena stvarnost bez markera – Ova vrsta proširene stvarnosti ne oslanja se na markere u prikazu, nego na lokaciju uređaja (korisnika) preko GPS-a, digitalnog kompasa, brzinomjera ili akcelerometra. Najčešće se koristi za mapiranje rute kretanja, pronalazak točke interesa (npr. restoran) u blizini i druge funkcionalnosti ovisne o lokaciji u mobilnim aplikacijama.

Prve primjene proširene stvarnosti bile su fokusirane na vojsku, industriju i medicinu, ali danas je zastupljena u različitim granama i djelatnostima: turizmu, video igrama, sportu, marketingu, projektiranju, industrijskom dizajnu, navigaciji,... Fokus ove tehničke dokumentacije biti će mobilna aplikacija namijenjena primjeni proširene stvarnosti u obrazovne svrhe.

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

Mnogim učenicima, bilo osnovnoškolcima bilo srednjoškolcima, danas je sve teže pratiti nastavu i gradivo. Takav je slučaj bio i prije, ali današnje tehnologije i sveprisutnost mobitela i Interneta su samo pojačali taj efekt. Djeca i adolescenti imaju sve više alata i uređaja (engl. *gadgets*) koji im odvlače pažnju [20]. Internet, društvene mreže, video igre, streaming servisi se s udžbenicima natječu za pažnjom učenika, i udžbenici su im trenutno slaba konkurencija. Zato je potrebno udžbenike učiniti zanimljivijima pomoću novih tehnologija i tako ih prilagoditi novim generacijama.

3. Opis i cilj projektnog zadatka

Cilj projekta opisanog ovom tehničkom dokumentacijom je izrada AR aplikacije za Android mobilne telefone koja će učenicima olakšati učenje i učiniti ga zabavnijim i privlačnijim učenicima srednjih škola. Koristeći stražnju kameru na mobitelu, učenici će moći skenirati slike u udžbeniku i oživiti ih pomoću proširene stvarnosti, tako da iz slika korištenih kao markeri iskoče 3D modeli. Ti modeli će se moći uvećavati, smanjivati ili rotirati.

Uz model učenicima će na raspolaganju biti opcija pregleda mini lekcije, kratak sažetak gradiva vezanog uz taj model. Nakon što učenici prođu određeni broj modela, ponudit će im se kviz koji će ispitati njihovo znanje i usvojenost gradiva. Točni odgovori i dobar postotak riješenosti će biti nagrađeni bodovima, a netočni odgovori neće biti aktivno kažnjavani (npr. oduzimanjem bodova) nego jednostavno učenici neće dobiti nikakve bodove za netočan odgovor.

Aplikacija će imati korisničke račune i profile kako bi lakše pratila korisnikove radnje, ali i njemu olakšala pregled njegove aktivnosti. Pri prvom pokretanju aplikacije, ona će zatražiti od učenika da napravi profil tako da ispuni obrazac koji će ga pitati za korisničko ime

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

(može se razlikovati od imena i prezimena), lozinku i e-mail adresu. Profili će imati profilnu sliku (učenici će odabrati neku od ponuđenih pri registraciji), razinu koja je odraz korisnikove aktivnosti i istaknuta postignuća (engl. *achievements*).

Postojat će rudimentarna mrežna komponenta koja će se sastojati od mrežne (engl. *online*) pohrane korisničkih podataka i globalne ljestvice kako bi pobudila natjecateljski duh među učenicima. Na njoj, korisnici će se moći nadmetati svojim bodovnim rezultatima iz kviza.

4. Korištene tehnologije i alati

Unity je višeplatformski pokretač igara (engl. *cross – platform game engine*), izrađen od Unity Technologies-a i prvi put stavljen na tržište 2005. godine. Uz pomoć Unity-ja, programeri videoigara diljem svijeta mnogo lakše i učinkovitije mogu započeti s radom na videoigrama, neovisno o budžetu kojim raspolažu ili količini iskustva [21]. U rujnu 2019. godine 52% od 1000 najpopularnijih mobilnih igara i 60% svog AR/VR sadržaja rađeno je u Unity-ju [23]. Tvorci videoigara u Unity-ju imaju opciju stvoriti trodimenzionalne ili dvodimenzionalne igre koje se mogu igrati na čak 25 različitih platformi. Glavne prednosti Unity-ja su jednostavnost korisničkog sučelja, mogućnost korištenja principa povuci-i-ispusti (engl. *drag-and-drop*) te pisanje skripti u C# programskom jeziku. Za izradu naše aplikacije, korištena je verzija Unity 2019.2.10f1.

Microsoft Visual Studio je integrirano razvojno okruženje (engl. *integrated development environment*, skraćeno IDE) tvrtke Microsoft. Koristi se za razvoj računalnih programa, web-stranica, web-aplikacija, web-usluga i mobilnih aplikacija. Visual Studio sadrži uređivač koda (engl. *code editor*) koji podupire IntelliSense, komponentu za

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

upotpunjavanje koda koja ubrzava proces kodiranja programa. Također sadrži program za otkrivanje i uklanjanje pogrešaka (engl. *debugger*). Visual Studio podržava više različitih programskih jezika, a neki od ugrađenih su C, C++ i C#, dok su programski jezici poput Python-a i Ruby-a dostupni putem programskih usluga instaliranih zasebno [24]. Za pisanje skripti koristili smo verziju 15.9.18.

Vuforia je alat za razvoj softvera (engl. *software development kit*, skraćeno SDK) u proširenoj stvarnosti za mobilne uređaje. Koristi računalni vid kako bi prepoznao i pratio markere, odnosno 3D objekte u stvarnom vremenu. Ovakvo prepoznavanje slika omogućuje programerima da razmijeste i rotiraju virtualne objekte u obliku 3D modela u stvarnom svijetu kada se gledaju kroz ekran mobitela, posebnih AR naočala i sl. Vuforia nudi aplikacijska programska sučelja (engl. *Application Programming Interfaces*, skraćeno API) u programskim jezicima C++, Java, Objective-C++ i .NET jezicima kroz Unity. Na ovaj način omogućuje se izrada aplikacija za iOS, Android i UWP uz dodavanje AR komponente. Za izradu projekta korištena je verzija Vuforia Engine 8.5 [25].

PHP je skriptni programski jezik koji se uglavnom koristi za razvoj mrežnih aplikacija i koji se može ugraditi u HTML. Za razliku od JavaScripta koji se izvršava na klijentu, PHP kod se izvršava na poslužitelju i šalje izgenerirani HTML kod klijentu. Klijent dobije rezultat izvršavanja skripte, ali ne zna kakav se kod u pozadini izvršio [7]. Zato se ne trebamo brinuti da netko može doznati konfiguracijske podatke za spajanje *backenda* na bazu podataka. Taman da pogode domenu i da se konfiguracijska datoteka nalazi u javnom direktoriju, neće je moći pročitati jer je čisti PHP kod. Na primjer, ako netko konfiguracijskoj datoteci pokuša pristupiti preko <http://161.53.19.203/arprojekt/dbconfig.php> (*backend* je trenutno u pogonu na <http://161.53.19.203/arprojekt>) neće vidjeti ništa osim praznog ekrana. Opcija *Inspect element* će im samo pokazati prazan HTML kod. Zato programeri znaju popularne ini datoteke preimenovati u php skripte (npr. config.ini u config.ini.php) i dodati `<?php die();>` u prvu liniju koda da budu sigurni da ljudi ne mogu pročitati te datoteke taman ako se nađu u direktoriju koji nije privatan. U početku je smatran vrlo nesigurnim jezikom, ali situacija se kroz godine

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

popravila i dobra je opcija za brzinsko razvijanje, brža nego Java s radnim okvirima poput Spring-a. 2018. godine bio je četvrti najpopularniji prema GitHub-u, odmah iza Jave i ispred programskih jezika poput C-a, Ruby-a, C#-a i C++-a [8].

Amazon Web Services (AWS) je Amazonova podružnica utemeljena 2006. godine koja pruža raznovrsne usluge u oblaku. Za projekt je korišten **Amazon RDS** (Amazon Relational Database Service) koji je omogućio lagano dizanje baze podataka i vršenje testova nad njom. Usluga nudi šest različitih pokretača za bazu podataka: Amazon Aurora, PostgreSQL, MySQL, MariaDB, Oracle Database i SQL Server, a za projekt je korišten MySQL [9]. Amazon nudi besplatne resurse, za rad i učenje, studentima kroz AWS Educate program. Amazon danas ima više od trećinu tržišta usluga u oblaku čija je vrijednost u 2019. godini procijenjena na 95 milijardi dolara [10].

Heroku je servisna platforma u oblaku (engl. *container-based cloud Platform as a Service* – PaaS) koja programerima omogućuje lagano puštanje aplikacija u pogon te upravljanje i skaliranje tih aplikacija. Iako je 2007. godine kad je tek pokrenut podržavao samo Ruby, danas podržava Javu, Node.js, Scalu, Clojure, Python, PHP i Go [11]. Nudi besplatnu opciju koja ima 2 procesa i čiji će poslužitelj zaspati nakon 30 minuta neaktivnosti pa treba malo vremena za obraditi zahtjev kad se prvi put pokrene nakon duže pauze. Studenti mogu dobiti *hobby* opciju na korištenje koja dolazi sa 10 procesa i poslužitelj nikad ne spava. *Backend* je pušten u pogon na Heroku. Bio je koristan za testiranje *backenda*.

Apache je najpopularniji besplatan mrežni poslužitelj. Koriste ga mnoge poznate kompanije poput Cisca, IBM-a, Salesforce-a, Adobe-a, VMware-a, LinkedIn-a, Facebook-a i mnoge druge. Napravljen 1995. godine, jedan je od najstarijih dostupnih mrežnih poslužitelja [12]. Korišten je za lokalno testiranje mrežne komponente i phpMyAdmin, te je u konačnici *backend* nakon testiranja bio na njemu pušten u pogon. Virtualni stroj koji vrti taj Apache poslužitelj kao operacijski sustav ima Linux Ubuntu 18, a na njemu su instalirani Apache2, MySQL i PHP 7.3.

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

MySQL je besplatan sustav otvorenog koda (engl. *open source*) za upravljanje relacijskom bazom podataka, a razvija i podržava ga Oracle Corporation. Kao što i ime implicira, koristi SQL (*Structured Query Language*) za pristupanje i manipuliranje bazom podataka. Lagano ga se može pokrenuti na PC-u ili laptopu i koristiti uz druge aplikacije bez da zauzima puno resursa, a konfiguriranjem se može i cijela mašina posvetiti MySQL-u. Više takvih mašina moguće je umrežiti u klaster [13]. Korišten je za izradu baza podataka.

phpMyAdmin besplatan alat je pisan u PHP-u kojim se preko Interneta administrira MySQL-om. Omogućuje izvršavanje često korištenih operacija pomoću intuitivnog grafičkog sučelja, ali nudi i mogućnost izravnog izvršavanja SQL naredbi [14]. Korišten je za upravljanje bazama podataka.

PuTTY je besplatan SSH i telnet klijent otvorenog koda (engl. *open source*) koji omogućava spajanje na udaljene virtualne strojeve. Na službenoj stranici se može skinuti cijeli paket sa svim PuTTY alatima, ili skinuti binarne *exe* datoteke pojedinih alata [15]. Za spojiti se na udaljeni virtualni stroj dovoljan je samo PuTTY.exe, ali nam je bio potreban i alat *pscp* da bi mogli prebaciti *backend* sa lokalnog računala na udaljeni virtualni stroj. Preporučljivo je skinuti cijeli paket.

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

5. Korisničko napredovanje kroz aplikaciju

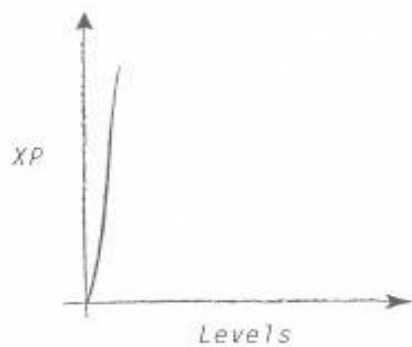
Kako bi potaknuli učenike na korištenje aplikacije i osigurali zadržavanja korisnika, u aplikaciju smo implementirali sustav progresije (napredovanja). Raznim akcijama korisnici imaju priliku skupljati iskustvene bodove (engl. *experience*) i na taj način dizati razinu (engl. *level*) svojeg korisničkog profila. Takav sustav nagrađivanja i apstrahiranja korisnikovog napretka i aktivnosti vuče korijene iz Dungeons & Dragons društvene igre. U video igre je taj koncept unesen preko *role playing* igara (igre bazirane na uživljavanje u uloge), a ubrzo se proširio i u ostale žanrove. Danas se sve više i više koristi i u drugim aplikacijama koje nisu nužno video igre, ali su razvojni timovi odlučili kako žele gamificirat iskustvo.

Na slici 5.1 prikazane su krivulje progresije iz nekih poznatih RPG igara poput Dungeons & Dragonsa, Pokemona i Disgeae. Dok je D&D krivulja iznimno strma, krivulja Disageae je prilično blaža, a Pokemoni su taman u sredini. Ono što se može primijetiti iz svakog grafa je da je krivulja progresije eksponencijalna funkcija umjesto npr. linearne – za svaku sljedeću razinu potrebno je eksponencijalno više iskustvenih bodova. To je i inače slučaj kod implementacije sustava razina koji se dižu skupljanjem iskustvenih bodova, pa će i naš model progresije kroz razine pratiti takav trend.

Razlog takvome općeprihvaćenom odabiru leži u bihevioralnoj psihologiji odnosno operantnom uvjetovanju. Operantno uvjetovanje nalaže da će ponavljanje nagrađivanja poželjnog ponašanja povećati vjerojatnost njegova pojavljivanja, a opetovano kažnjavanje smanjiti nepoželjno ponašanje [17].

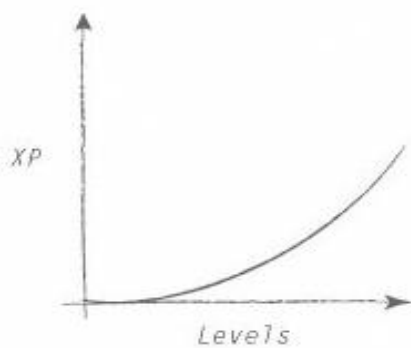
Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

ORIGINAL DUNGEONS & DRAGONS



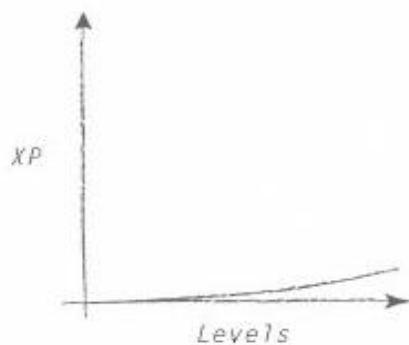
Levels	XP
1	0
2	1000
3	3000
4	6000
5	10000

POKEMON GENERATION I



Levels	XP
1	1
2	2
3	26
4	51
5	100

DISGEA



Levels	XP
1	3
2	8
3	14
4	23
5	35

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

Slika 5.1 - Krivulja progresije kroz razine u nekim RPG igrama (preuzeto iz [16])

Kako je korištenje aplikacija poželjno ponašanje koje želimo potaknuti, koristit ćemo se pozitivnim potkrepljenjem u obliku razina i nagrada u obliku različitih profilnih slika i postignuća. Eksponencijalnost krivulje proizlazi iz odabranog intervala potkrepljenja, običaj je postepeno proširivati taj interval.

U tablici 5.1 navedena je svaka razina i ukupni broj iskustvenih bodova koje treba skupiti kako bi se ta razina dostigla. Na primjer, da bi se korisnik digao sa drugog na treću razinu potrebno mu je 2530 iskustvenih bodova, a sveukupan broj iskustvenih bodova koje je skupio u aplikaciji bit će 4710.

Tablica 5.1 – Broj iskustvenih bodova potrebnih za dosegnut određenu razinu u igri

Razina	Potreban XP	Razina	Potreban XP
1	0	26	139 400
2	2180	27	150 000
3	4710	28	160 000
4	6560	29	172 200
5	8740	30	184 000
6	11 260	31	196 200
7	14 130	32	208 800
8	17 330	33	221 800
9	20 900	34	235 300
10	24 830	35	249 200
11	29 100	36	263 505
12	33 780	37	278 300
13	38 800	38	293 400
14	44 200	39	309 000

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

15	50 000	40	325 000
16	56 200	41	341 500
17	62 700	42	358 400
18	70 000	43	375 800
19	77 000	44	393 500
20	84 700	45	411 800
21	92 800	46	430 500
22	101 300	47	449 500
23	110 200	48	469 100
24	120 000	49	489 110
25	129 000	50	509 600

Za računanje potrebnog broja iskustvenih bodova korištena je formula $100 * X^{2.15}$, gdje X označava određenu razinu. Graf te funkcije prikazan je na slici 2. No kako bi osigurali bolje korisničko iskustvo pri početnim razinama tj. da ne prođu prebrzo kroz njih kad osvoje neko vrlo jednostavno postignuće poput „Skeniraj 1 sliku.“, morali smo početne razine malo podesiti pa je X u domeni od otprilike 4 do 53 (X=53 je zapravo 50. razina).

Na konačan broj razina smo se odlučili kako bi korisnicima ipak dali osjećaj nekakvog kraja kojeg mogu dostići, ali će ostati izvan dosega velike većine korisnika. Trenutno u aplikaciji postoje tri načina za skupljati iskustvene bodove:

- Skeniranjem modela
- Rješavanjem kvizova
- Osvajanjem postignuća (engl. *achievements*)

Svaki skenirani model će korisniku dati 60 iskustvenih bodova, a svako osvojeno postignuće 2000. Bodovi koje će nositi rješavanje kviza ovisi o količini pitanja koja će biti odgovorena u sklopu tog kviza. Za svako pitanje dat će se 100 iskustvenih bodova, odnosno formula za broj iskustvenih bodova koje će dati kviz je broj pitanja * 100. Ovisno o točnosti

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

rješenja, moguće je dobiti i bonus. Za točnost rješenja od 70% korisnik dobit će još 10% više iskustvenih bodova, za točnost rješenja od 80% dobit će 30%, za 90% dobit će 50% i konačno za 100% (potpuno točno riješen kviz) dobit će 100% više iskustvenih bodova.

Na slici 5.2 je prikazano kako je određivanje bonusa odrađeno u kodu aplikacije. Korisnik dobiva iskustvene bodove tek po završetku kviza, pa je zato broj iskustvenih bodova koji će mu biti pridodan određen po formuli skupljeni iskustveni bodovi na kvizu * koeficijent, gdje koeficijent može biti 1.1, 1.3, 1.5 ili 2 ovisno o postotku točnih odgovora.

```

if ((float)AnswerButton.correctAns / (float)cntr == 1)
{
    AnswerButton.earnedExp *= 2;
}
else if (((float)AnswerButton.correctAns / (float)cntr) >= 0.9)
{
    AnswerButton.earnedExp = (int)(AnswerButton.earnedExp * 1.5);
}
else if ((float)AnswerButton.correctAns / (float)cntr >= 0.8)
{
    AnswerButton.earnedExp = (int)(AnswerButton.earnedExp * 1.3);
}
else if ((float)AnswerButton.correctAns / (float)cntr >= 0.7)
{
    AnswerButton.earnedExp = (int)(AnswerButton.earnedExp * 1.1);
}

```

Slika 5.2 – Isječak koda iz aplikacije koji pokazuje kako se određuje konačan broj iskustvenih bodova koje će dobiti korisnik

Određivanje razine koju je korisnik postigao na osnovu skupljenih iskustvenih bodova se unutar aplikacije određuje pomoću statičnog *LevelController* razreda.

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

6. Izrada aplikacije

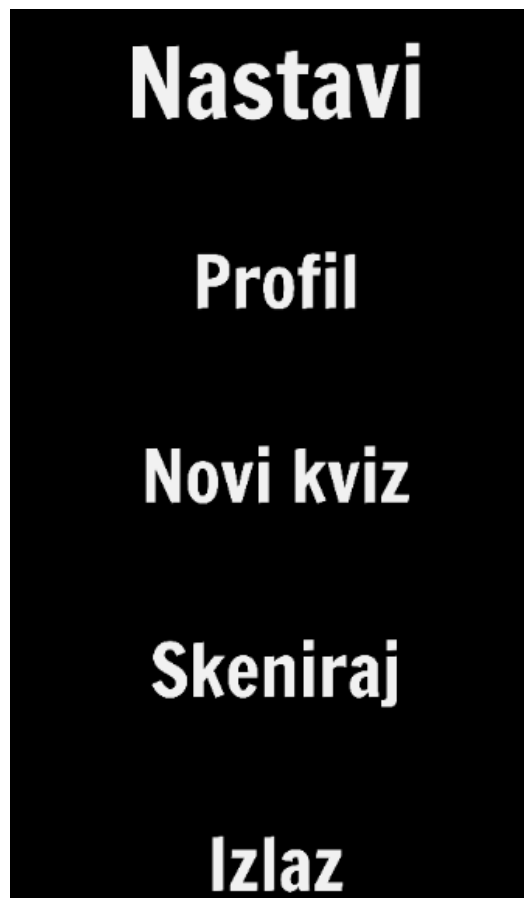
6.1. Korisničko sučelje

Korisničko sučelje (eng. *User Interface*) u većini je napravljeno pomoću *Unity UI* elemenata. Izgled svih scena, poput scene za registraciju, scene za kviz, scene za profil ili scene za skeniranje napravljen je na što diskretniji i jednostavniji način, kako bi korištenje aplikacije bilo lakše i intuitivno. Na svakoj sceni postoji gumb za izbornik (prikazan na slici 6.1.1) pomoću kojeg korisnik može birati promjenu scene (na primjer sa skeniranja na svoj profil), ali i neke dodatne opcije (prikazane na slici 6.1.2) vezane uz scenu na kojoj se nalazi (poput prekida i početka novog kviza unutar scene za kviz).



Slika 6.1.1 - Gumb za otvaranje izbornika u sceni profila

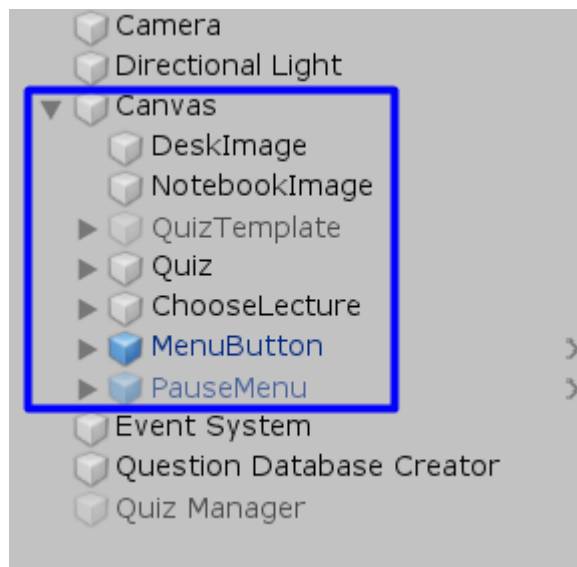
Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.



Slika 6.1.2 - Izbornik u sceni za kviz

Osim samog izbornika, svaka scena ima svoj izgled prilagođen sadržaju same scene. Na primjer, na sceni za skeniranje sučelje je minimalno kako bi se dala prednost skeniranju modela i bolja preglednost istih, dok na sceni za kvizove imamo više različitih elemenata na platnu (engl. *Canvas* - služi za prikaz UI elemenata u sceni) koja se uključuju i isključuju (vizualno) ovisno što želimo na sceni (prikazano na slici 6.1.3). Otvaranjem scene korisniku je prikazan izbornik za biranje lekcije iz koje želi kviz (*ChooseLecture*), a kada izabere neku od ponuđenih opcija, taj se element skriva i prikazuje se kviz (*Quiz*). Pritiskom na gumb za izbornik (*MenuButton*), u bilo kojem trenutku se pali i prikazuje preko svih ostalih elemenata (*PauseMenu*).

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.



Slika 6.1.3 - Elementi platna u sceni kviza

Većina elemenata povezana je sa ostatkom aplikacije pomoću skripti, osim elemenata za vizualno uljepšavanje, poput slika, pozadina, teksta za naslove i slično. Skripte omogućavaju promjene na elementima (npr. promjena teksta pitanja za kviz ili dohvaćanje korisničkih informacija na sceni za profil) i aktiviranje metoda prilikom interakcije sa elementom (npr. pritiskom gumba za odgovor na kviz aktivira se metoda kojom se mijenja pitanje).

6.2. Postignuća

Postignuća zahtijevaju od korisnika da ispune određene uvijete unutar aplikacije u kojoj se nalaze, te na taj način korisniku daju inicijativu za daljnje korištenje i tako produljuju životni vijek aplikacije. Za izradu su korišteni *Unity UI* elementi. Kada korisnik otključa postignuće pokrene se animacija, te prikaže standardni oblik prikazan na slici 6.2.1 kojeg koristimo kod

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

prikaza svakog postignuća u kojem je prikazana poruka „*Otključano postignuće*“ te ispod nje je naziv tog određenog postignuća.



Slika 6.2.1 – Poruka o otključavanju postignuća

Nakon što je određeno postignuće otključano, to se bilježi i u listi za prikaz ikona trofeja mijenja boju. Ta promjena je ilustrirana slikama 6.2.2 i 6.2.3. U listi je prikazan naziv određenog postignuća, te kratki opis koji objašnjava kako otključati pojedino postignuće. Ovo je vidljivo samo u Unity-ju i služi isključivo za testiranje.



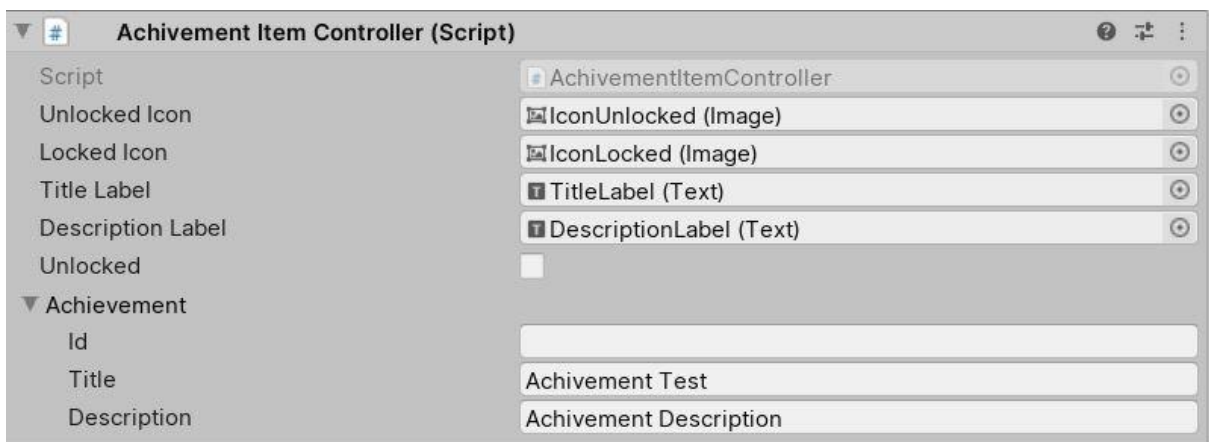
Slika 6.2.2 – Prikaz neotključanih postignuća

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.



Slika 6.2.3 – Jedno postignuće je otključano

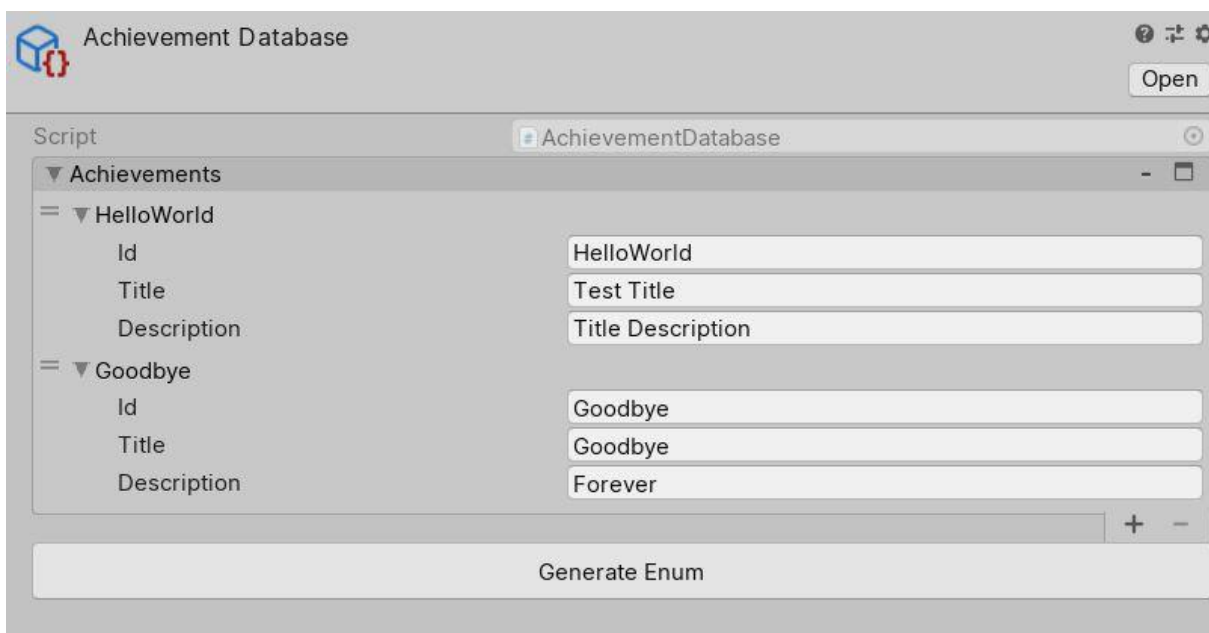
Postignuća su ostvarena pomoću razreda *AchievementItemController* koji je povezan na prefab *Achievement Item* (Slika 6.2.4). Dana je mogućnost povezivanja različitih ikona za stanja kada je postignuće otključano i za kada je zaključano. Svako postignuće ima svoj unikatni id pomoću kojeg se sprema u *enum Achievements*, te svoj naslov i opis.



Slika 6.2.4 – prefab Achievement Item

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

Sustav dodavanja postignuća napravljen je tako da je samo potrebno pritisnuti tipku „+“, dodati unikatni id, te opcionalno dodati naslov i opis, pritisnuti tipku „Generate Enum“ koja generira C# datoteku u kojoj su sadržani id-ovi svih postignuća, prikazana na slici 6.2.5. Brisanje postignuća moguće je pritiskom na tipku „-“, koja briše zadnji u listi ili odabirom određenog postignuća i opcije „Delete Array Element“. Redoslijed prikaza moguće je mijenjati povlačenjem određenog postignuća prema gore ili dolje te tako će se pojaviti u listi u aplikaciji.

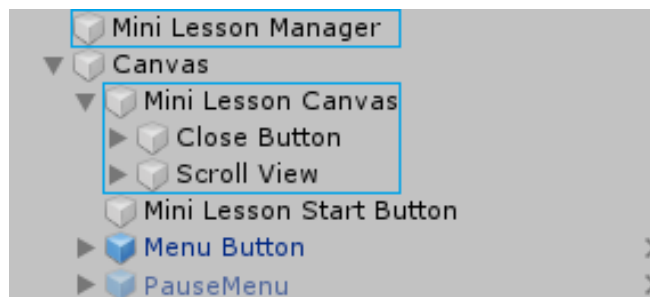


Slika 6.2.5 – C# sa postignućima

6.3. Mini lekcije

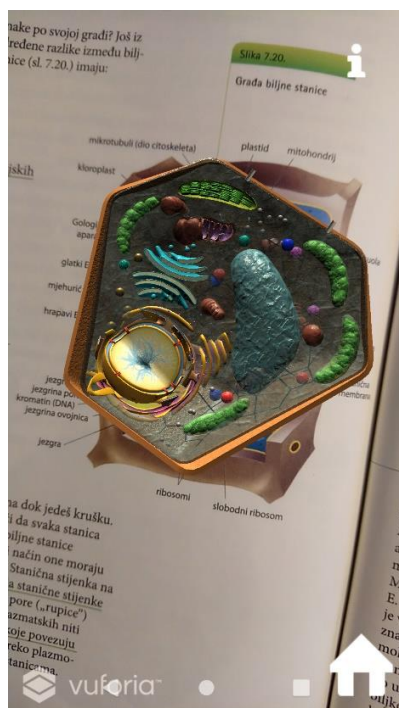
Mini lekcije poseban su dio korisničkog sučelja koji omogućava korisniku prikaz kratkih informacija o učitanoj modelu. Za izradu korisničkog sučelja mini lekcija korišteni su *Unity UI* elementi, a za prikaz sučelja i dohvat podataka zadužena je skripta *MiniLessonManager*. Elementi zaduženi za mini lekcije prikazani su na slici 6.3.1.

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.



Slika 6.3.1 - Elementi zaduženi za mini lekcije

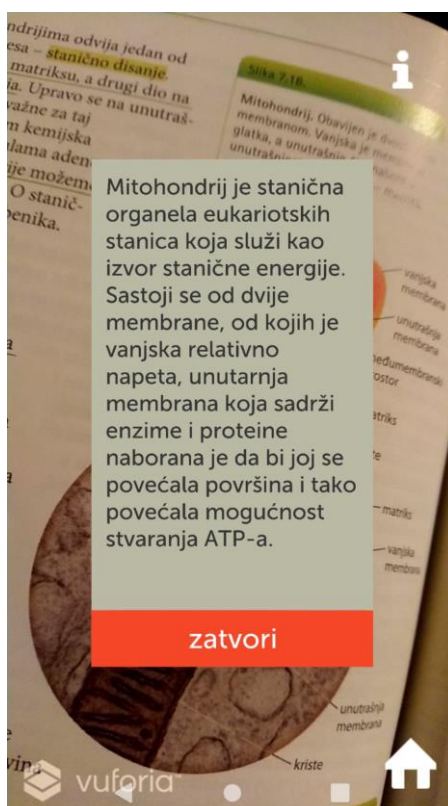
Unutar glavnog platna za prikaz korisničkog sučelja smješteno je platno *Mini Lesson Canvas* za prikaz elemenata mini lekcije i gumb *Mini Lesson Start Button* kojim se pokreće prikaz navedenog platna. Oba elementa su neaktivna ukoliko nije učitani nikakav model. Tek nakon uspješnog učitavanja modela, odnosno primitka događaja *ModelVisibleEvent* klase *ModelBehaviour*, dolazi do aktivacije gumba *Mini Lesson Start Button* u gornjem desnom kutu ekrana, kao što je prikazano na slici 6.3.2. Gumb ostaje aktivan sve dok je model učitani, odnosno do primitka događaja *ModelInvisibleEvent* razreda *ModelBehaviour*.



Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

Slika 6.3.2 - Aktivirani gumb *Mini Lesson Start Button* u glavnoj sceni

Pritiskom na gumb *Mini Lesson Start Button* aktivira se platno *Mini Lesson Canvas* koje u sebi sadrži element za prikaz teksta i gumb za zatvaranje aktiviranog platna, kao što je prikazano na slici 6.3.3. Prikaz teksta ostvaren je elementom *Scroll View* (*Unity UI* element) koji omogućuje prikaz većih elemenata korisničkog sučelja uz pomoć pomicanja. Traka za pomicanje uklonjena je iz elementa te se pomicanje ostvaruje povlačenjem prema gore ili prema dolje.



Slika 6.3.3 - Aktivirano platno *Mini Lesson Canvas* u glavnoj sceni

Tekst u korisničkom sučelju mini lekcije prima se kao parametar događaja *ModelVisibleEvent*. Kako bi se izbjeglo učitavanje teksta drugog modela ili gašenje platna dok korisnik još uvijek čita mini lekciju, napravljeno je da se platno *Mini Lesson Canvas* gasi isključivo na gumb za zatvaranje i da ignorira nove događaje, i time nove tekstove, ukoliko je platno već aktivno.

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

6.4. Kviz

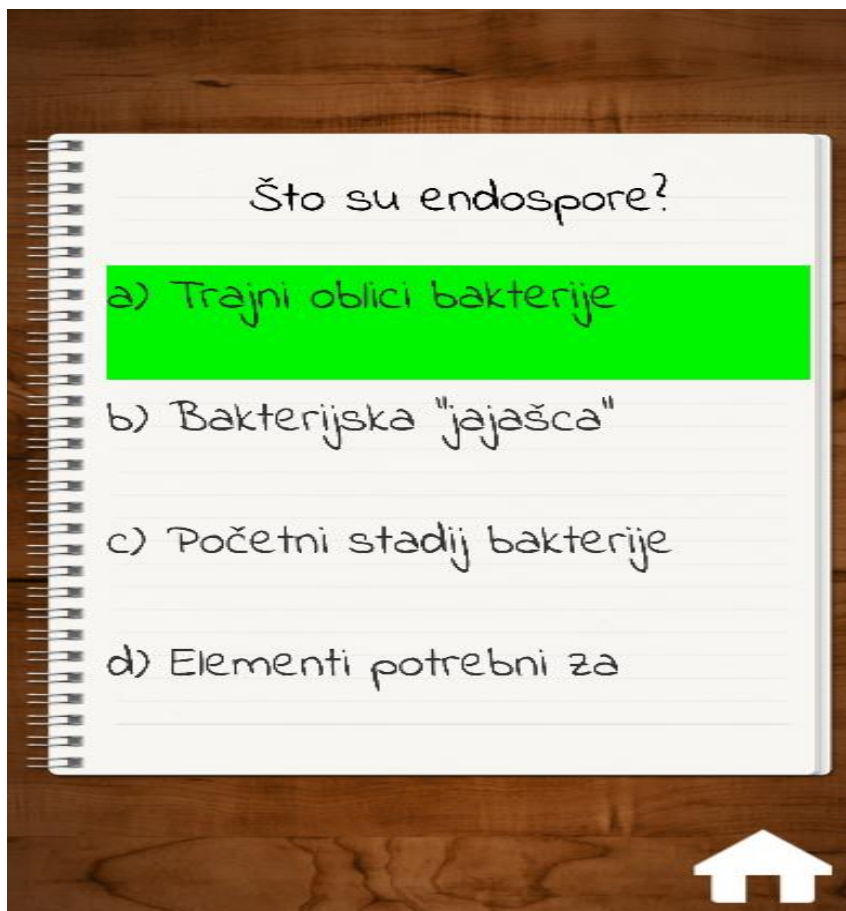
Nakon što korisnik smatra da je naučio gradivo, može se okušati u rješavanju kviza koji će testirati njegovo znanje. Korisnik može odabrati 4 lekcije, a svaka se sastoji od desetina pitanja. Izbornik lekcija prikazan je na slici 6.4.1.



Slika 6.4.1 – Odabir lekcije iz koje će se rješavati kviz u aplikaciji

Nakon odabira lekcije klikom gumba, poziva se metoda *GenerateQuestions* iz skripte *QuestionsGenerator* koja generira sljedeće pitanje i odgovore. Korisnik rješava kviz koji se sastoji od 10 pitanja, a primjer jednog pitanja na koje je točno odgovoreno prikazano je na slici 6.4.2. Pri odabiranju odgovora, ponovno se poziva metoda *GenerateQuestions* te korisnik saznaje ako je njegov odgovor točan.

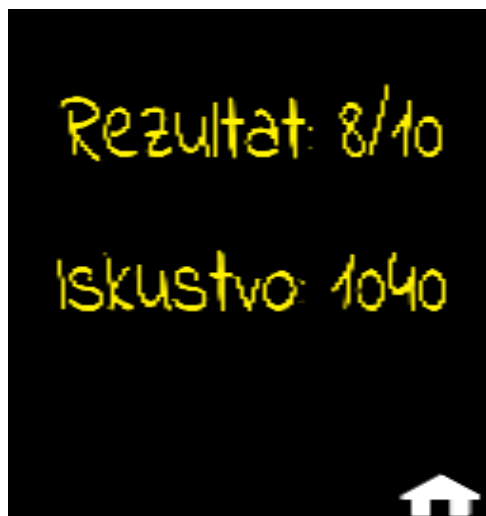
Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.



Slika 6.4.2 – Odabir odgovora u kvizu

Kada korisnik završi s kvizom bit će mu prikazan rezultat (1 točan odgovor je 1 bod) i koliko je iskustvenih bodova osvojio rješavanjem tog kviza, ovisno o korisnikovom uspjehu. Kako izgleda taj prikaz je prikazano na slici 6.4.3. Osvojeni iskustveni bodovi bit će pridodani korisnikovom ukupnom broju iskustvenih bodova.

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.



Slika 6.4.3 – Prikaz rezultata kviza

6.5 Implementacija proširene stvarnosti u aplikaciji

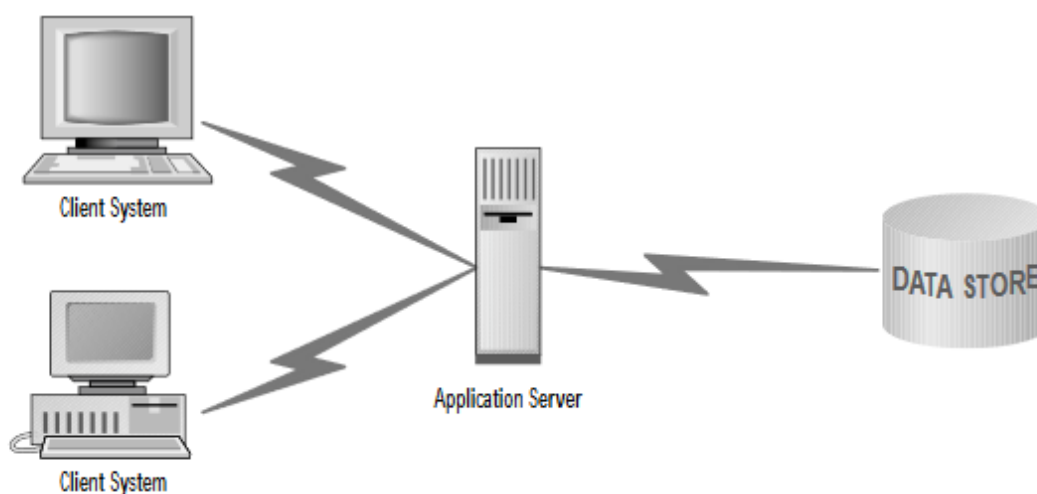
Skripte koje su zadužene za AR modele su skripte *ObjectController* i *ModelBehaviour*. Skripta *ObjectController* se koristi kao komponenta 3D modela koji se prikazuju iznad skenirane slike. Pomoću te skripte mogu se koristiti „uštupni da uvećáš“ (engl. *pinch-to-zoom*) i „zamahni da rotiraš“ (engl. *swipe to rotate*) geste. Prva gesta ima ograničenje na maksimalnu i minimalnu veličinu kako ne bi došlo do neželjenih ponašanja aplikacije. Brzina uvećavanja je veća što se brže povećava razmak između 2 prsta. Taj razmak dobiven je pomoću funkcija *touch.deltaPosition*. Isto vrijedi i za rotaciju, brzina rotacije je veća što je veći razmak između prijašnje i sadašnje pozicije prsta snimljene u 2 susjedne slike (engl. *frame*). Skripta *ModelBehaviour* je relativno kratka skripta i služi za definiranje *ModelVisible* i *ModelInvisible* Unity Eventa koje će druge skripte u aplikaciji (npr. *Achievement Manager*) osluškivat.

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

7. Povezivanje s aplikacijskim poslužiteljem i bazom podataka

Mrežna komponenta aplikacije korisnicima omogućuje registraciju korisničkog računa, prijavu sa postojećim korisničkim računom i pohranu korisničkih podataka (količina skupljenih iskustvenih bodova i ime korištenog korisničkog avatara – slike koju su odabrali da ih predstavlja) na udaljeni poslužitelj. Dodatno, omogućuje skupljanje i pohranjivanje rezultata kviza na udaljeni poslužitelj ovisno o odabranoj lekciji. Aplikacija prati najbolji postignuti rezultat u kvizu za svakog prijavljenog korisnika i za svaku lekciju/opciju koju je moguće odabrati.

Aplikacija je bazirana na troslojnoj arhitekturi *klijent-poslužitelj*. Izgled te arhitekture prikazan je na slici 7.0.1. Prednost troslojne arhitekture nad dvoslojnom je što klijenti nemaju direktan pristup poslužitelju na kojem se čuvaju podaci (npr. baza podataka) nego postoji još jedan sloj (često znan kao *backend*) koji izolira obradu i provjeru podataka, maksimizira ponovno korištenje objekata i tako daje dodatan sloj sigurnosti aplikaciji. *Backend* se ponaša kao posrednik između *frontenda* i baze podataka. Jedini nedostatak troslojne arhitekture prema dvoslojnoj je što je kompleksnija i teža za razviti.



Slika 7.0.1 – Troslojna klijent-poslužitelj arhitektura (preuzeto iz [18])

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

Aplikacija šalje i traži podatke od aplikacijskog poslužitelja (*backenda*) pisanog u PHP skriptnom programskom jeziku. Aplikacijski poslužitelj provjerava te primljene zahtjeve i podatke te ih odbacuje ako nisu valjani. Ako jesu, iz baze podataka izvlači tražene podatke i dalje ih prosljeđuje aplikaciji ili u bazu podataka pohranjuje dobivene podatke.

Svi podatci koje aplikacijski poslužitelj dobiva se filtriraju, saniraju i provjeravaju. Osim podataka koje korisnici direktno unose u aplikaciju (na primjer, korisničko ime, lozinka i e-mail pri registraciji) u provjeru na aplikacijskom poslužitelju uključeni su i podatci koje šalje sama aplikacija, poput identifikatora ljestvice ili imena korištenog avatara. Na taj način sustav je osiguran od SQL injekcija (pokušaj ubacivanja SQL naredbi preko polja za unos u aplikaciji) i drugih malicioznih zahtjeva čak i ako netko dobije pristup izvornom kodu aplikacije. Jedina iznimka je lozinka jer se ona uvijek enkriptira SHA-256 algoritmom prije spremanja u bazu podataka.

7.1. Aplikacija

Podatci (korisničko ime, e-mail, broj iskustvenih bodova i ime avatar slike) koji se razmjenjuju između mreže i aplikacija spremljeni su u statičnom razredu *DBManager*. Ne može se instancirati, u aplikaciji postoji samo jedan primjerak. Nakon što se korisnik prijavi, iz baze podataka povuku se podatci i stave u *DBManager*. Tijekom rada u aplikaciji, različite skripte će izmjenjivati te podatke u *DBManager*-u. Na primjer, promjena avatara bit će obilježena promjenom imena avatara u *DBManager*-u, a rješavanje kviza povećat će broj iskustvenih bodova u *DBManager*-u. Ti novi, osvježeni podatci zatim se mogu preko poslužitelja spremati u bazu podataka. Tako korisnici mogu svoje podatke seliti s jednog uređaja na drugi.

DBManager smatra da je korisnik prijavljen dokle god atribut korisničkog imena nije null vrijednost. Također nudi mogućnost provjere ako je aplikacija, to jest uređaj na kojem je aplikacija

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

pokrenuta, spojena na Internet. Na taj način onemogućuje slanje drugih mrežnih zahtjeva ako aplikacija nije spojena na Internet. Ta se mogućnost ostvaruje slanjem HTTP zahtjeva prema „http://www.google.com“. Ako je statusni kod HTTP odgovora između 200 (uključivo) i 300 te HTML odgovor nije prazan, smatrat će se da je aplikacija povezana sa Internetom. Kako ovakvo slanje zahtjeva i čekanje odgovora na jedan kratki trenutak uspori aplikaciju, nije poželjno prečesto provjeravati postojanje veze sa Internetom. Tu akciju najbolje je ograničiti na prijavu, registraciju i spremanje podataka nakon neke zahtjevnije akcije poput uspješnog rješavanja kviza ili akcije poput promjene avatara koja se neće previše često odvijati.

OnlineDataSave je razred koji sadrži metode pomoću kojih se vrši prijenos podataka iz aplikacije prema poslužitelju. Iako bi bilo idealno da je statičan kao *DBManager*, to nije slučaj jer inače ne bi mogao pokretati korutine (engl. *coroutines*).

Uz metode za mrežno spremanje iskustvenih bodova i imena avatara, *OnlineDataSave* nudi i metodu za spremanje rezultata kviza po završetku. Kao argumente prima string identifikator ljestvice i rezultat kviza, a onda će aplikacijski poslužitelj na temelju tog identifikatora odrediti u koju tablicu baze podataka treba pohraniti rezultat kviza - ako je veći od prijašnjih ili ako korisnik prvi puta rješava kviz za tu lekciju. Metode za mrežnu registraciju i prijavu su u *UserInterfaceManagerStartScene* razredu.

Aplikacija sa aplikacijskim poslužiteljem komunicira slanjem POST zahtjeva pomoću korištenja *WWWForm*-a i *UnityWebRequest*, razreda koji je dio *UnityEngine.Networking* modula. Efikasniji je nasljednik zastarjelog *WWW* razreda [22]. *UnityWebRequest* objekti koriste se za komuniciranje sa poslužiteljima preko HTTP-a [19].

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

7.2. Aplikacijski poslužitelj

Na aplikacijskom poslužitelju su sve PHP skripte kojima aplikacija šalje POST zahtjeve. Uz njih, postoji i *dbconfig.php* čiji je isječak koda prikazan na slici 7.2.1 i u kojem su navedeni podatci s pomoću kojih se aplikacijski poslužitelj spaja na bazu podataka. Zato se aplikacijski poslužitelj može vrlo lako i bezbolno spojiti na neku drugu bazu podataka uređivanjem te datoteke.

```
//configuration file of info used to connect to database
return array(
    'host' => '161.53.19.203:3306',
    'username' => 'admin',
    'passwd' => 'CY4a4Nz',
    'dbname' => 'arprojekt',
);
```

Slika 7.2.1 – Prikaz konfiguracije za bazu podataka na koju se spaja

Pri dohvatu POST polja zahtjeva, PHP skripta provjerava, filtrira i sanira dobivene podatke, pa potom obrađuje podatke i SQL naredbama po potrebi komunicira sa bazom podataka. Ako je sve prošlo u redu, aplikaciji šalje poruku „0“ i eventualno dodaje podatke razdvojene tab-om (npr. kad aplikaciji pri prijavi mora poslat podatke) koje aplikacija onda treba parsirati. Ako dođe do nekakve greške, poslužitelj šalje poruku u obliku „#: PorukaOGrešci“ gdje # predstavlja broj greške. Popis svih trenutno mogućih poruka nalazi se u tablici 7.2.1.

Tablica 7.2.1 – Popis svih poruka o grešci koje aplikacijski poslužitelj može vratiti aplikaciji

#	Značenje
---	----------

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

1	Povezivanje s bazom podataka je neuspješno.
2	SQL upit kojim su se dohvaćali podatci preko korisničkog imena nije uspio.
3	Korisničko ime s kojim je bila probana registracija je već zauzeto.
4	SQL upit kojim bi bila izvršena registracija igrača u bazu podataka nije uspio.
5	Nema korisnika sa danim korisničkim imenom.
6	Pri prijavi, dana hash šifre se ne podudara sa hashom šifre u bazi podataka.
7	SQL upit kojim bi se u bazi podataka osvježili iskustveni bodovi korisnika nije upio.
8	Pri filtriranju je utvrđeno da e-mail adresa pri registraciji nije valjana.
9	SQL upit kojim se dohvaća e-mail adresa korisnika preko korisničkog imena nije uspio.
10	E-mail koji se pokušao koristiti pri registraciji već postoji.
11	Bili su korišteni zabranjeni znakovi pri unosu korisničkog imena.
12	Bili su korišteni zabranjeni znakovi pri unosu e-mail adrese.
13	Bili su korišteni zabranjeni znakovi u imenu avatara.
14	Poslana vrijednost koja označava iskustvene bodove zapravo nije numerička vrijednost.

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

15	Ne postoji ljestvica s tim identifikatorom u bazi podataka.
16	Poslana vrijednost koja označava rezultat kviza nije numerička vrijednost.
17	SQL upit kojim se dohvaća ID korisnika preko korisničkog imena nije uspio.
18	SQL upit kojim se dohvaćao rezultat kviza iz tablice koja predstavlja ljestvicu nije uspio.
19	SQL upit kojim se dodaje novi korisnik (tj. njegov ID i rezultat kviza) tablici koja predstavlja ljestvicu nije uspio.
20	SQLI upit kojim se osvježava rezultat kviza u tablici koja predstavlja ljestvicu nije uspio.

Na aplikacijskom poslužitelju vrši se povezivanje identifikatora ljestvice (lekcije) sa imenom tablice koja predstavlja tu ljestvicu (lekciju) u bazi podataka.

7.3. Baza podataka

Korištena je relacijska baza podataka na kojoj se radi pomoću SQL-a. Postoji 2 tipa tablica: tablica u kojoj su pohranjeni korisnički podaci i tablice u kojima se pohranjuju rezultati kviza ovisno o lekciji. Postoji samo jedna tablica *players* u kojoj su pohranjeni korisnički podaci, i to redom: identifikator (id:int(10)), korisničko ime (username:varchar(16)), e-mail adresa (email:varchar(30)), korisnička lozinka (password:varchar(255)), iskustveni bodovi (experience:int(10)) i ime avatara (avatarname:varchar(30)). ID je primarni ključ (i

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

samoinkrementirajuć), a korisničko ime i e-mail adresa moraju biti jedinstveni, to jest u tablici ne mogu postojati 2 korisnika s istim imenom ili e-mail adresom. SQL naredba kojom je stvorena tablica *players* u bazi podataka prikazan je na slici 7.3.1.

```
CREATE TABLE `arprojekt`.`players` ( `id` INT(10) NOT
NULL AUTO_INCREMENT , `username` VARCHAR(16) NOT NULL ,
`email` VARCHAR(50) NOT NULL , `password` VARCHAR(255)
NOT NULL , `experience` INT(10) NOT NULL DEFAULT '0' ,
`avatarname` VARCHAR(30) NOT NULL , PRIMARY KEY (`id`),
UNIQUE `uniqueusername` (`username`), UNIQUE
`uniqueemail` (`email`)) ENGINE = InnoDB;
```

Slika 7.3.1 – SQL naredba korištena za stvaranje tablice *players*

Tablica drugog tipa može biti više. Svaka predstavlja rezultate kviza vezanog uz neku odabranu lekciju pa će ih biti onoliko koliko postoji različitih kvizova u aplikaciji. Trenutno ih je 4. Nazvane su *leaderboard#* gdje # označava broj tablice. Od atributa imaju primarni ključ ID (id:int(10)) preko kojeg će se povezivat s tablicom *players* (tj. naći korisničko ime koje je napravilo taj rezultat) te rezultat kviza (score:int(6)). SQL naredba kojom su stvarane tablice *leaderboard#* prikazana je na slici 7.3.2.

```
CREATE TABLE `arprojekt`.`leaderboard1` ( `id` INT(10) NOT
NULL , `score` INT(6) NOT NULL , PRIMARY KEY (`id`)) ENGINE =
InnoDB;
```

Slika 7.3.2 – SQL naredba korištena za stvaranje tablice *leaderboard1*

Kako bi se izbjeglo da nakon brisanja jedinki iz tablice *players* njihovi rezultati ostanu u *leaderboard* tablicama, na svaku *leaderboard* tablicu je bilo potrebno dodati ograničenje stranog ključa sa uključenim kaskadnim brisanjem. Naredba kojom je to učinjeno prikazana je na slici 7.3.3. Kada se neki korisnik jednom obriše iz tablice *players*, bit će maknuti i svi njegovi rezultati

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

kviza, to jest bit će potpuno uklonjen iz baze podataka. Na slikama 7.3.4 i 7.3.5 prikazano je kako tablice *players* i *leaderboard#* u bazi podataka izgledaju kada su popunjene.

```
ALTER TABLE leaderboard1 ADD CONSTRAINT fk_leaderboard1_players FOREIGN
KEY (id) REFERENCES players(id) ON DELETE CASCADE;
```

Slika 7.3.3 – SQL naredba kojom je dodano ograničenje na tablicu *leaderboard1* da je *leaderboard1.id* strani ključ

id	username	email	password	experience	avatarname
21	Simun	asd@gmail.com	\$2y\$10\$.9sZqrWd6TrfcgAzd3DVH.IKVSwwsE.9exSDAdC/ca6...	4050	Avatar3
22	Simun2	simun@gmail.com	\$2y\$10\$nvB7VZVjAR44eBLP8x9q.uyTFmgUFUww4RmdzkaITQP...	3250	Avatar7
23	ana	ana@test.com	\$2y\$10\$kdhw2vnspV916uCqi5CQZOjjD2hsPeRZqOSYQoMDzU2...	2400	Avatar5
24	iva	iva@test.com	\$2y\$10\$/bERk5cIn.aUsgsYtpJ.uTkzJK98NhBy3VnMyBXpe...	1350	Avatar8

Slika 7.3.4 – Tablica *players* s par korisnika u njoj

id	score
21	9
22	9
23	3

Tablica 7.3.5 – Tablica *leaderboard1* s par korisnika koji su rješavali kviz „Lekcija 1“ (korisnik *iva* nije pa nije ni u tablici)

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

8. Funkcionalni zahtjevi

Dionici koji sudjeluju u sustavu su :

1. Programeri
2. Registrirani korisnici (učenici, profesori)
3. Neregistrirani korisnici

Aktori i njihove uloge :

1. Programer , inicijatori :
 - mogućnost dodavanja novih modela za skeniranje, poglavlja, pitanja za kvizove (sadržaja)
 - mogućnost dodavanja novih postignuća i korisničkih razina
 - mogućnost brisanja i promjene sadržaja
2. Registrirani korisnik , sudionik :
 - mogućnost prijave i odjave
 - pregled vlastitih podataka na profilu
 - pregled vlastitih postignuća
 - skeniranje modela i rješavanje kvizova
3. Neregistrirani korisnik , sudionik :
 - mogućnost registracije
4. Baza podataka , sudionik :
 - sadržava korisničke podatke o registraciji
 - sadržava popis registriranih korisnika
 - mogućnost dodavanja / brisanja korisnika
 - mogućnost pohrane rezultata kviza korisnika
5. Poslužitelj , sudionik :
 - sprema korisničke podatke u bazu

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

- provjerava podatke dobivene od aplikacije te tako osigurava bazu podataka
- mogućnost dohvata rezultata (npr. za stvaranje rang ljestvica)

8.1. Opis i dijagram obrazaca uporabe

UC1 - Registracija

- **Glavni sudionik:** Korisnik
- **Cilj:** Stvoriti korisnički račun za pristup sustavu
- **Sudionici:** Korisnik, baza podataka
- **Preduvjet:** Korisnik ima ostvarenu vezu s Internetom.
- **Opis osnovnog tijeka:**
 - Korisnik odabire opciju za registraciju
 - Korisnik unosi podatke za registraciju
 - Korisnik prima obavijest o uspješnoj registraciji
- **Opis mogućih odstupanja:**
 - Odabir već zauzetog e-maila ili korisničkog imena, unos korisničkog podatka u nedozvoljenom formatu ili pružanje neispravnog e-maila
 - Sustav obavještava korisnika o neuspjelom upisu i vraća ga na stranicu za registraciju
 - Korisnik mijenja potrebne podatke te završava unos ili odustaje od registracije

UC2 – Prijava u sustav

- **Glavni sudionik:** Korisnik
- **Cilj:** Dobiti pristup korisničkom sučelju
- **Sudionici:** Korisnik, baza podataka
- **Preduvjet:** Korisnik ima ostvarenu vezu s Internetom.
- **Opis osnovnog tijeka:**
 - Unos e-maila i lozinke
 - Potvrda o ispravnosti unesenih podataka
 - Pristup korisničkom funkcijama

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

- **Opis mogućih odstupanja:**
 - Neispravan e-mail/lozinaka
 - Sustav obavještava korisnika o neuspjelom upisu i vraća ga na stranicu za prijavu

UC3 – Pregled mini-lekcije

- **Glavni sudionik:** Korisnik
- **Cilj:** Korisnik želi pregledati sažeto gradivo vezano uz određeni skenirani model.
- **Sudionici:** Korisnik
- **Preduvjet:** Korisnik je skenirao sliku i prikazan mu je 3D model.
- **Opis osnovnog tijeka:**
 - Korisnik pritišće ikonu „i“ u gornjem desnom kutu.
 - Aplikacija otvara novi prozor u kojem je sažeto gradivo vezano uz model.
 - Korisnik pregledava i čita sažetak.
 - Korisnik zatvara sažetak i vraća se na glavnu scenu.

UC4 – Skeniranje slike i prikaz modela

- **Glavni sudionik:** Korisnik
- **Cilj:** Korisnik želi pogledati 3D model skenirane slike.
- **Sudionici:** Korisnik
- **Preduvjet:** Stražnja kamera na mobitelu je dostupna i funkcionalna.
- **Opis osnovnog tijeka:**
 - Korisnik odabire opciju „skeniraj“.
 - Korisnik mobilnim uređajem skenira sliku čiji model želi pogledati.
 - Na ekranu se pokazuje 3D model skenirane slike.

UC5 - Rješavanje kviza

- **Glavni sudionik:** Korisnik
- **Cilj:** Korisnik želi provjeriti znanje rješavajući kviz.
- **Sudionici:** Korisnik, baza podataka
- **Preduvjet:** -
- **Opis osnovnog tijeka:**
 - Korisnik odabire cjelinu iz koje želi riješiti kviz.
 - Korisnik odgovara na pitanja.

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

- Nakon što korisnik odgovori na sva pitanja, računa se konačni rezultat i broj iskustvenih bodova koje treba dobiti.
- Sustav će pohraniti rezultat kviza u bazu podataka ako je korisnik ostvario najbolji rezultat do tada u odabranoj lekciji.
- **Opis mogućih odstupanja:**
 - Korisnik može prekinuti kviz.
 - Aplikacija nema vezu sa Internetom pa rezultat kviza neće biti pohranjen.

UC6 – Otključavanje postignuća

- **Glavni sudionik:** Korisnik
- **Cilj:** Nagraditi korisnika kada napravi određeno postignuće u aplikaciji.
- **Sudionici:** Korisnik
- **Preduvjet:** -
- **Opis osnovnog tijeka:**
 - Korisnik koristi aplikaciju.
 - Kada korisnik obavi neki zadatak, za njega dobije postignuće.

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

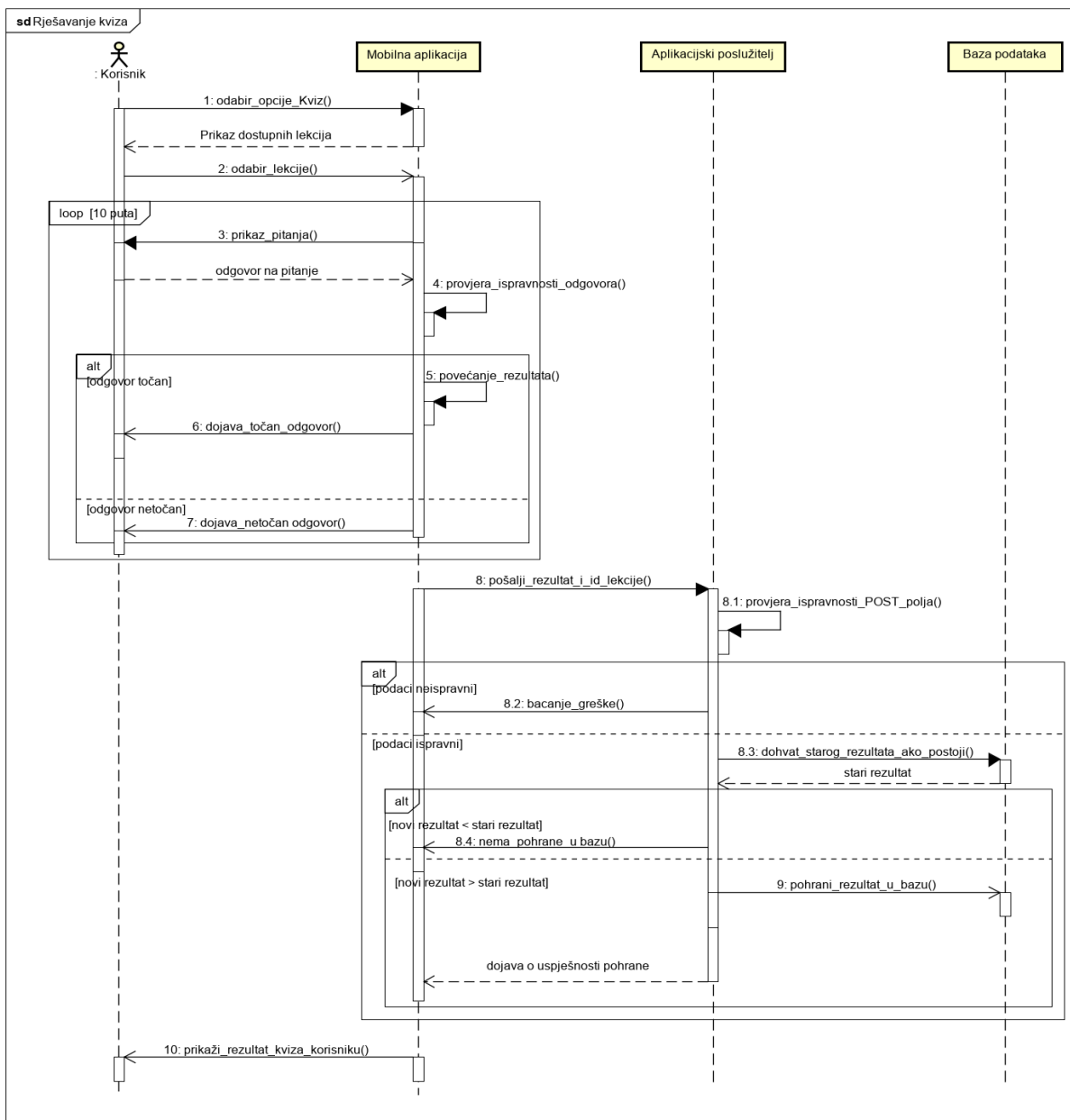


Slika 8.1.1 – Dijagram obrazaca uporabe

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

8.2 Sekvencijski dijagram

Na slici 8.2.1 prikazan je sekvencijski dijagram koji prikazuje međudjelovanje sudionika s naglaskom na vremensku komponentu kada korisnik rješava kviz (UC4).

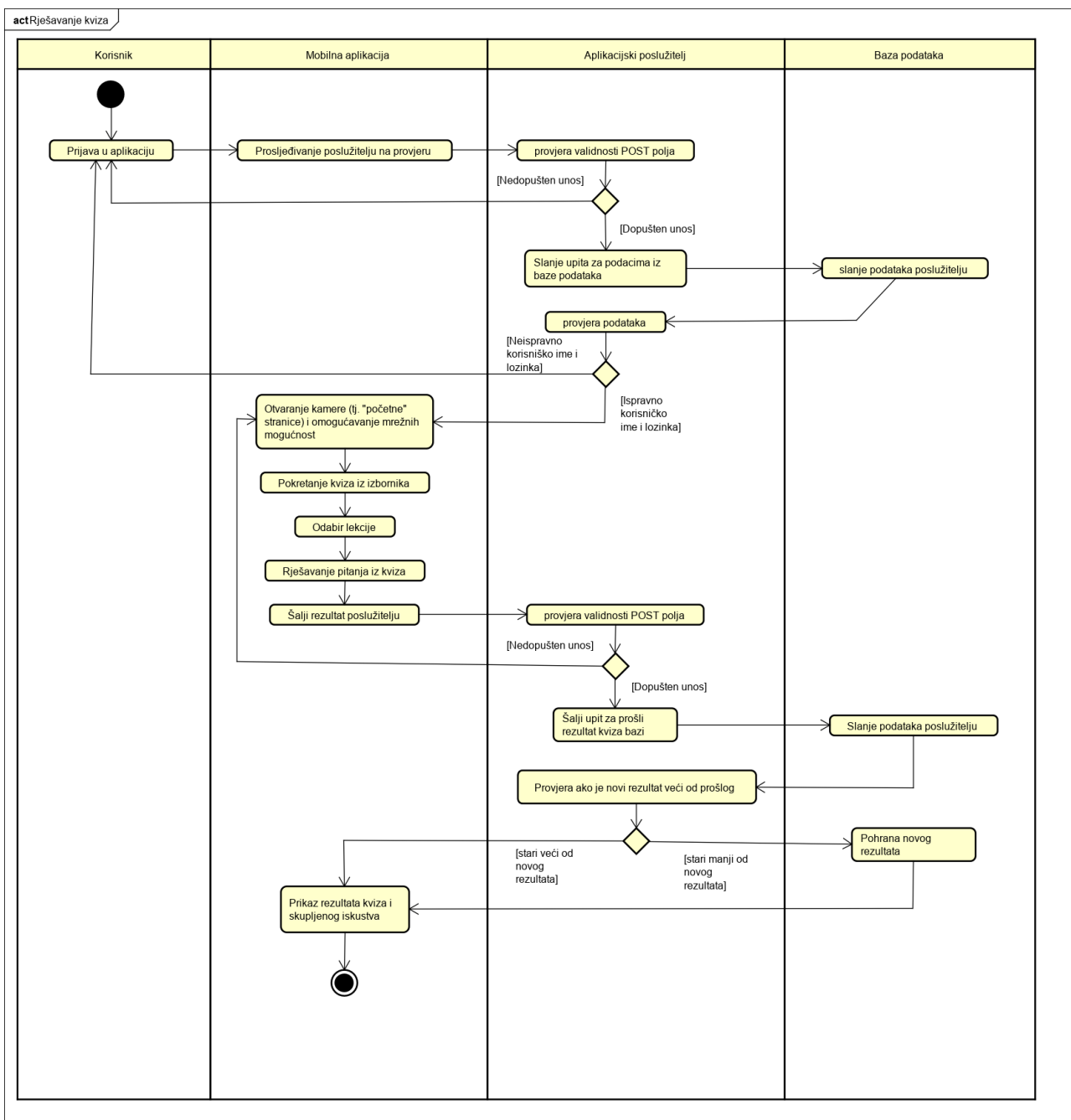


Slika 8.2.1 – Sekvencijski dijagram za rješavanje kviza

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

8.3 Dijagram aktivnosti

Na slici 8.3.1 prikazan je dijagram aktivnosti koji opisuje sve akcije koje se moraju dogoditi kada korisnik otvori aplikaciju, prijavi se u nju i odluči riješiti kviz.

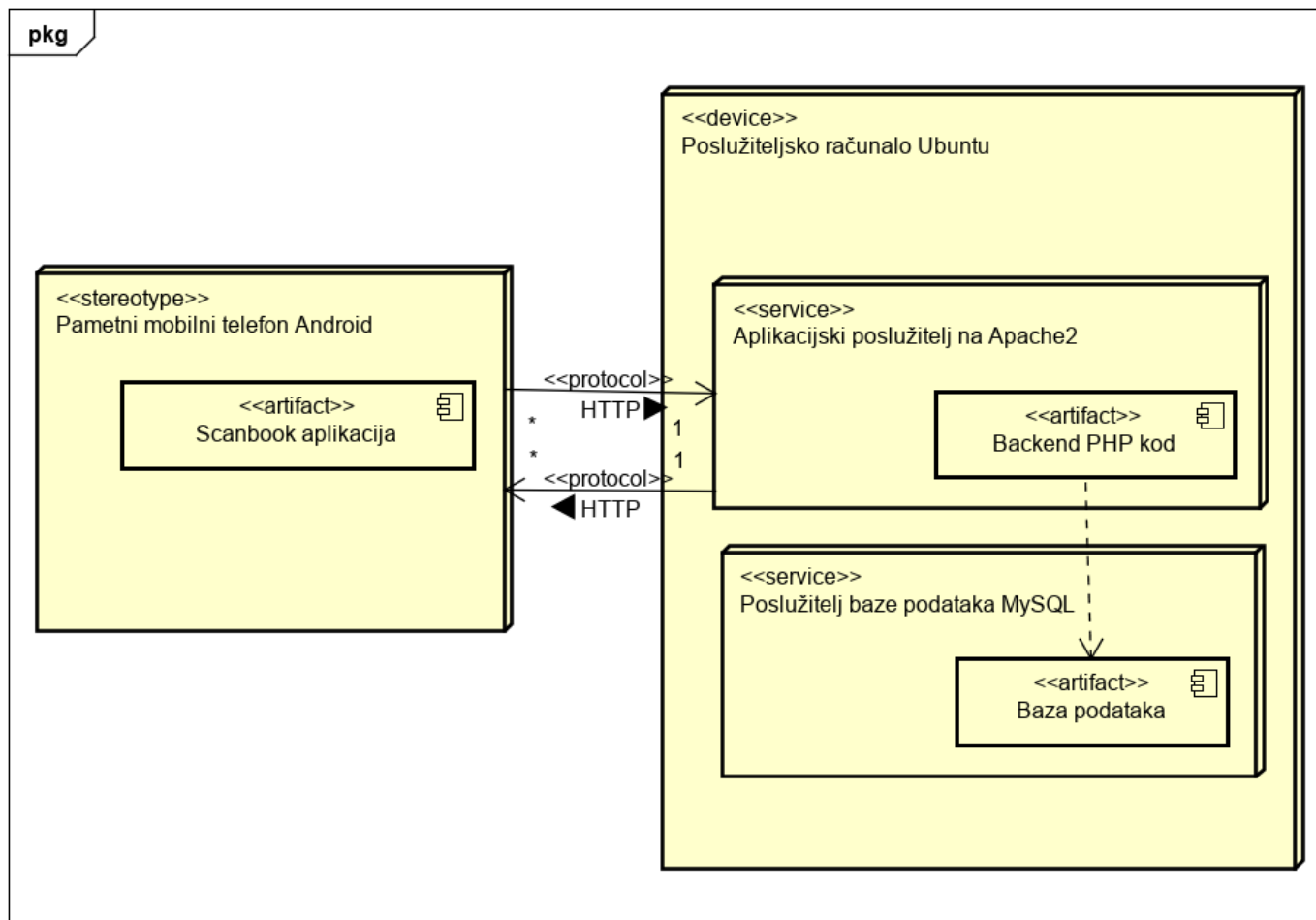


Slika 8.3.1 – Dijagram aktivnosti za rješavanje kviza

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

8.4 Dijagram razmještaja

Na slici 8.4.1 prikazan je dijagram razmještaja ovog sustava. Sastoji se od 2 čvora: Android pametnog mobilnog telefona koji vrti mobilnu aplikaciju (Scanbook) i poslužiteljsko računalo kojeg pogoni Ubuntu, a na njemu su pokrenuti Apache 2 na kojem se vrte PHP skripte (*backend*) i poslužitelj baze podataka MySQL koji je zadužen za bazu podataka. Komunikacija između Scanbooka i *backenda* je dvosmjerna, a odvija se izmjenom HTTP poruka. Scanbook šalje određenim skriptama *backenda* HTTP zahtjeve s podacima, a one nakon obrade podataka Scanbooku vraćaju HTTP odgovore. *Backend* komunicira s MySQL poslužiteljem preko vrata 3306 kako bi dohvaćao i pohranjivao podatke u bazu podataka.

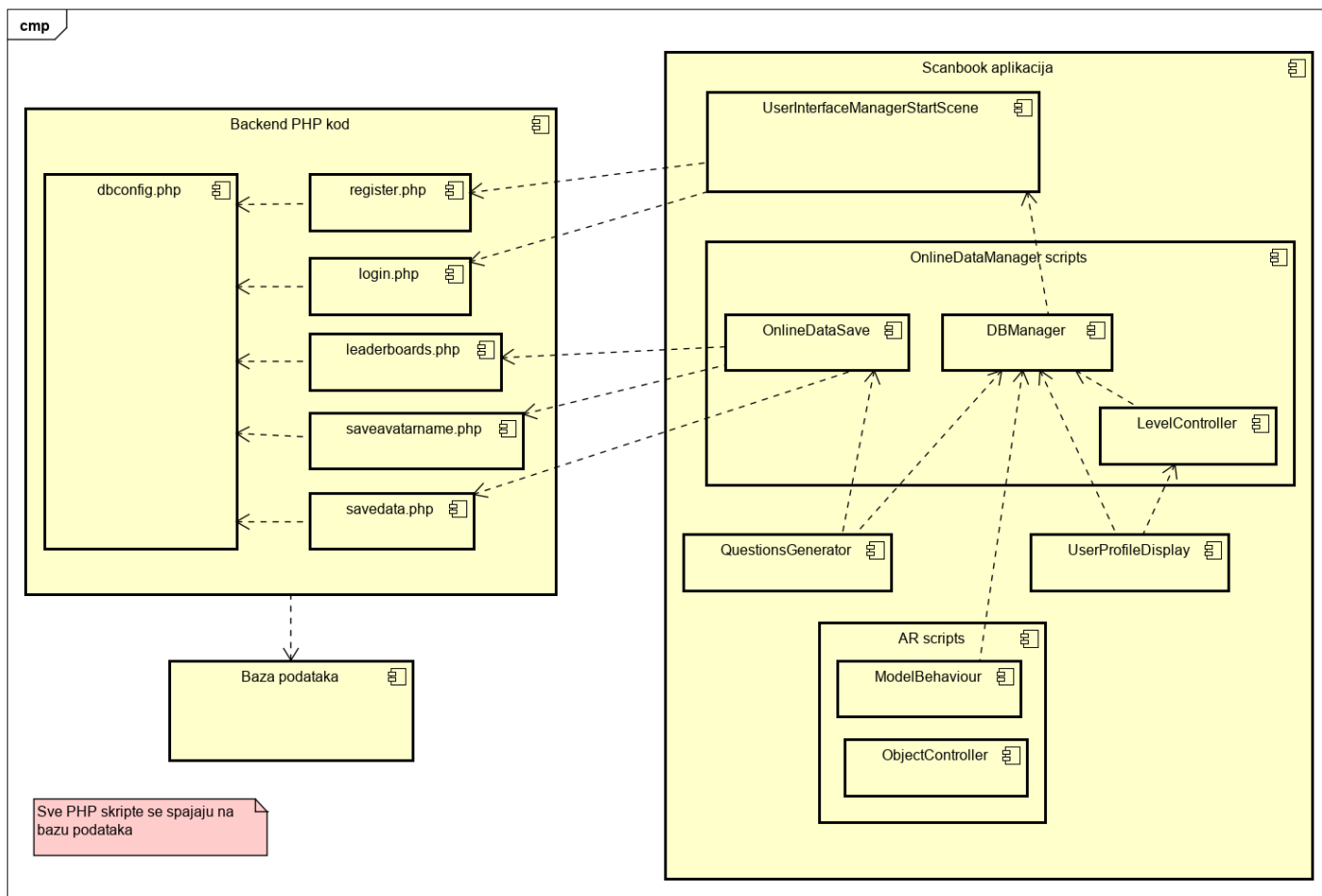


Slika 8.4.1 – Dijagram razmještaja

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

8.5 Dijagram komponenti

Na slici 8.5.1 prikazan je dijagram komponenti sustava koji fokus stavlja na komuniciranje između aplikacijskog poslužitelja, baze podataka i same aplikacije te su prikazane neke bitnije skripte korištene u ostvarenju kviza, korisničkog sučelja i AR mogućnosti aplikacije.



Slika 8.5.1 – Dijagram komponenti sustava

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

9. Ostali zahtjevi

- sustav treba biti vizualno pregledan i intuitivan za korištenje
- sustav mora biti u mogućnosti posluživati više korisnika istovremeno
- sustav treba podržavati korištenje dijakritičkih znakova
- za svaki e-mail moguće je napraviti 1 korisnički račun
- sustav treba raditi ispravno (npr. pravilno zbrajanje bodova na kvizu, prikazivanje točnih modela)
- sustav se ne smije naći u stanju gdje se ruši ili ne reagira
- sustav mora biti lako održiv (pisan na način da ga je lako nadograditi ili popraviti određene funkcije)

10. Budući rad

Aplikacija korisnicima nudi osnovne funkcionalnosti kojima bi olakšala savladavanje gradiva, no postoji još mnogo mjesta za napredak. U trenutnoj inačici aplikacije postoje problemi koje bi trebalo ispraviti i elementi koje bi trebalo doraditi prije implementacije novih funkcionalnosti. Što se tiče novih mogućnosti, ideje su raznolike i obuhvaćale bi promjene za učenika kao glavnog korisnika aplikacije, ali i mogućnost stvaranja novih uloga u aplikaciji, poput uloge profesora ili administratora.

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

10.1. Trenutni nedostaci

Jedan od glavnih nedostataka aplikacije je korisničko sučelje. Premda je rad korisničkog sučelja ispravan, problem je u njegovom manjku prilagodbe različitim uređajima i podacima koje prikazuje. Manjak prilagodbe različitim uređajima najbolje je vidljiv tijekom usporedbe izbornika aplikacije pokrenute na uređajima različitih omjera slike ekrana, a manjak prilagodbe prikazanim podacima u kvizu gdje u slučaju dugačkih pitanja i odgovora dolazi do gubljenja dijela teksta.

Ostali dijelovi aplikacije koji su funkcionalni, ali bi se mogli doraditi su korisničko sučelje za prikaz mini lekcija, korisničko sučelje za prikaz pojedinosti o profilu i ispravak postavljenih vrijednosti za brzinu rotacije i skaliranja učitanih modela.

10.2. Nove mogućnosti

Jedan skup novih mogućnosti čine funkcionalnosti vezane uz učenje. Postojeći kviz moguće je nadograditi dodavanjem novih tipova pitanja, omogućavanjem odabira veličine kviza i stvaranjem kviza za ispitivanje cijelog gradiva. Sva pitanja pohranjena u aplikaciji oblika su pitanje i četiri ponuđena odgovora, premda postoji programska podrška za pitanja s različitim brojem odgovora. Promjene bi bilo potrebno napraviti u korisničkom sučelju koje bi ovisno o broju ponuđenih odgovora trebalo stvarati odgovarajući broj polja za prikaz odgovora. Osim nadogradnje kviza, mogao bi se uvesti detaljniji pogled kompleksnijih modela, odnosno mogućnost pregleda svih manjih komponenti u sklopu jednog modela, na primjer pomoću tekstualnih oznaka.

Kako bi se korisnike potaknulo na korištenje aplikacije, moguće je implementirati niz funkcionalnosti i dodataka koje bi aplikaciju učinilo zanimljivijom. Dodatak zvučnih efekata, otključavanje posebnih profilnih slika i tema aplikacije s određenim brojem iskustvenih bodova samo su neki od dodataka koji, premda nemaju neku posebnu funkcionalnost, čine aplikaciju

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

primamljivijom na način da nagrađuju korisnika i omogućuju mu da ju prilagodi aplikaciju sebi i svojem osobnom izričaju.

Općenito bi se mrežna komponenta dala dodatno razvijati da se dorade socijalni aspekti aplikacije. U skorije vrijeme bi se lako mogle implementirati globalne ljestvice jer su svi važni podatci za to pohranjeni u bazi podataka, treba ih samo povući SQL upitom poredane po traženoj stavci, poslat aplikaciji i u aplikaciji napraviti vizualni prikaz ljestvica. Kao dodatni poticaj za korištenje aplikacije mogli bi se uvesti i ljestvice poretka za iskustvene bodove i rezultate kviza te posebna postignuća za postizanje vrha ljestvice.

Korak dalje bi bila mogućnost dodavanja prijatelja pa omogućavanje da se ljestvice filtriraju tako da prikazuju rezultate samo dodanih prijatelja te mogućnost da korisnici mogu pregledavati svoju listu prijatelja. Na njoj bi mogli odabrati profil nekog prijatelja i pregledati javno dostupne podatke poput razine koju je postigao, otključanih postignuća, datuma registracije, skupljenih iskustvenih bodova,...

Moglo bi se skupljati više podataka. Na primjer, da pri registraciji aplikacija od učenika traži da unesu ime i prezime, datum rođenja, školu koju pohađaju, a preko poziva sistemu bi se mogao doznati i njihov telefonski broj. Bilo bi dobro uzimati podatke o samom korištenju aplikacije kao što su npr. koliko često koriste aplikaciju, koliko vremena ju koriste u komadu, koje stavke aplikacije najviše koriste. Ti podatci bi mogli pomoći u unapređivanju i poliranju aplikacije kako bi bilo pruženo najbolje iskustvo.

Prikaz profila korisnika bi se mogao obogatiti tim novima podacima. Za podatke osobne prirode poput datuma rođenja ili imena i prezimena bi trebalo korisniku dati odabir žele li ih prikazati ili ne. Ali neki poput datuma registracije bi se u svakom slučaju mogli prikazivati.

Aplikacija, kao i gore navedene mogućnosti za nadogradnju, pretpostavljaju učenika kao jedinog korisnika aplikacije, no jedna od mogućih nadogradnji je i uvođenje novih uloga u

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

aplikaciji. Osim učenika, aplikaciju bi mogli koristiti profesori koji bi imali mogućnost dodavanja novih pitanja u postojeće lekcije, stvaranje grupa koje bi imale svoje ljestvice poretka i mogućnost pregleda ljestvica poretka stvorenih grupa.

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

11. Zaključak

Iako je proširena stvarnost relativno novi koncept, školstvo nije. Ustaljeno je mišljenje kako školstvo nije u koraku sa vremenom te da ga je potrebno modernizirati. Jedan od tih načina može biti kroz razvoj novih alata za učenika koji će biti korišteni kao popratni materijal uz udžbenike. Proširena stvarnost logično se nameće kao područje koje može pomoći u toj modernizaciji. Ona funkcionira na više načina, ali najprošireniji je onaj temeljen na markerima. Kada korisnik snimi neki marker (najčešće je to QR kod, ali u našem slučaju su to bile slike iz udžbenika), u tu sliku se programski ubaci neki element koji nije bio tamo i zato kažemo da je proširena stvarnost.

Tim je uspio u razvoju Android mobilne aplikacije Scanbook koja korištenjem proširene stvarnosti učenicima olakšava vizualiziranje gradiva kojeg uče. Rad je bio naporan i intenzivan te je tim trebao neke početne ciljeve i zamisli malo prilagoditi količini vremena i resursa koje je imao, no zadovoljan je polučnim rezultatom.

Jedan od većih izazova je bilo razvijanje za Android mobilnu platformu. Unity može napraviti build za Android pa se i dalje može pisati u C#-u umjesto da se koristi Java ili Kotlin, ali ono što bi radilo unutar Unity-a na PC-u neće nužno očekivano raditi i na Android mobitelu jednom kada se build prebaci. Otklanjanje takvih pogrešaka i anomalija tražio je inženjerski pristup.

Konačno prezentirana aplikacija uspješno se izvodi na Android mobitelima i tabletima te nakon skeniranja slika na ekranu se prikazuju 3D modeli, a korisnicima je dana mogućnost otvaranja mini lekcije koja sažeto prepričava gradivo vezan uz taj model. Mrežna komponenta sastoji se od pohrane korisničkih podataka i rezultata riješenih kvizova u udaljenu bazu podataka. Zato korisnici mogu lagano prebacivati napravljeni napredak s uređaja na uređaj. No registracija i prijava nisu obavezni za korištenje aplikacije, korisnici mogu koristiti aplikaciju bez da naprave korisnički račun, ali onda gube mogućnost prebacivanja svog napretka s uređaja na uređaj i mrežnog pohranjivanja rezultata kviza ovisno o odabranoj lekciji. Korisnikove akcije poput

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

skeniranja slika ili rješavanja kviza uvijek će biti nagrađeni iskustvenim bodovima, a ovisno o broju iskustvenih bodova korisnik će doseći neku od razina, kojih trenutno ima pedeset.

Udžbenik korišten za razvoj aplikacije, kako slikama koji su korišteni kao AR markeri, tako i gradivom iz kojeg su se oblikovale mini lekcije i kviz, bio je „Živi svijet 1“. To je udžbenik iz biologije za prve razrede srednjih škola. U sklopu projekta obrađene su lekcije iz prokariota i eukariota, što je otprilike pedeset stranica u udžbeniku. Za kviz je napisano oko 270 pitanja i za svaki model je napisana po jedna mini lekcija.

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

12. Popis literature

- [1] Javornik A., The Mainstreaming of Augmented Reality: A Brief History. Datum nastanka: 4.10.2016. URL: <https://hbr.org/2016/10/the-mainstreaming-of-augmented-reality-a-brief-history>. Datum pristupa: 23.12.2019.
- [2] The Sword of Damocles, 1st Head Mounted Display. 11.9.2016. URL: <https://vrroom.buzz/vr-news/guide-vr/sword-damocles-1st-head-mounted-display>. Datum pristupa: 23.12.2019.
- [3] van Krevelen, D.W.F. Augmented Reality: Technologies, Applications, and Limitations. Vrije Universiteit Amsterdam, Department of Computer Science. 18. 4. 2007.
- [4] Strauss. P. Mini Augmented Reality Ads Hit Newstands. Datum nastanka: 17.12.2008. URL: <https://technabob.com/blog/2008/12/17/mini-augmented-reality-ads-hit-newstands/>. Datum pristupa: 23.12.2019.
- [5] The Ultimate Guide to Understanding Augmented Reality (AR) Technology. URL: <https://www.realitytechnologies.com/augmented-reality/>. Datum pristupa: 27.12.2019.
- [6] Joseph S. How Ikea is using augmented reality. Datum nastanka: 4.10.2017. URL: <https://digiday.com/marketing/ikea-using-augmented-reality/>. Datum pristupa: 27.12.2019
- [7] PHP Manual. Getting Started – Introduction. URL: <https://www.php.net/manual/en/intro-whatis.php>. Datum pristupa: 19.1.2020.
- [8] Rosalie Chan. The 10 most popular programming languages, according to the 'Facebook for programmers'. 22.1.2019. URL: <https://www.businessinsider.com/the-10-most-popular-programming-languages-according-to-github-2018-10>. Datum pristupa: 19.1.2020.
- [9] Amazon RDS Overview. URL: <https://aws.amazon.com/rds/>. Datum pristupa: 19.1.2020.
- [10] Ron Miller. Despite JEDI loss, AWS retains dominant market position. 6.1.2020. URL: <https://techcrunch.com/2020/01/06/despite-jedi-loss-aws-retains-dominant-market-position/>. Datum pristupa: 19.1.2020.
- [11] Heroku – About. URL: <https://www.heroku.com/about>. Datum pristupa: 19.1.2020.
- [12] What Is Apache Web Server? A Basic Look at What It Is and How It Works. 20.12.2019. URL: <https://kinsta.com/knowledgebase/what-is-apache/>. Datum pristupa: 19.1.2020.

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

- [13] What is MySQL?. MySQL 5.1 Reference Manual. URL: <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/what-is-mysql.html>. Datum pristupa: 19.1.2020.
- [14] phpMyAdmin – About. URL: <https://www.phpmyadmin.net/>. Datum pristupa: 19.1.2020.
- [15] Download PuTTY: latest release (0.73). URL: <https://www.chiark.greenend.org.uk/~sgtatham/putty/latest.html>. Datum pristupa: 20.1.2020.
- [16] How to Make an RPG: Levels. URL: <http://howtomakeanrpg.com/a/how-to-make-an-rpg-levels.html>. Datum pristupa: 8.12.2019.
- [17] uvjetovanje – Enciklopedija.hr . URL: <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=63544> . Pristupljeno: 8.12.2019.
- [18] Distributed Application Architecture. URL: <https://web.archive.org/web/20110406121920/http://java.sun.com/developer/Books/jdbc/ch07.pdf>. Datum pristupa: 19.1.2020.
- [19] Unity documentation – UnityWebRequest. URL: <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/Networking.UnityWebRequest.html>. Datum pristupa: 19.1.2020.
- [20] Neil Selwyn. Digital downsides: exploring university students’ negative engagements with digital technology. 9.2.2015. URL: <https://srhe.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13562517.2016.1213229#.XiaIbiMo9aQ>. Datum pristupa: 21.1.2020.
- [21] Samuel Axon. Unity at 10. 27.9.2016. Unity at 10: For better -or worse- game development has never been easier. URL: <https://arstechnica.com/gaming/2016/09/unity-at-10-for-better-or-worse-game-development-has-never-been-easier/>. Datum pristupa: 24.1.2020.
- [22] Unity documentation – WWW. URL: <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/WWW.html>. Datum pristupa: 19.1.2020.
- [23] Marie Dealessandri. What is the best game engine: is Unity right for you?. 16.1.2020. URL: <https://www.gamesindustry.biz/articles/2020-01-16-what-is-the-best-game-engine-is-unity-the-right-game-engine-for-you>. Datum pristupa: 24.1.2020.
- [24] Anshul Aggarwal. Introduction to Visual Studio. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/introduction-to-visual-studio/>. Datum pristupa: 24.1.2020.

Izrada AR aplikacije u edukativne svrhe	Verzija: 2.4
Tehnička dokumentacija	Datum: 26.1.2020.

[25] Getting Started with Vuforia Engine in Unity. URL:

<https://library.vuforia.com/articles/Training/getting-started-with-vuforia-in-unity.html>. Datum pristupa: 24.1.2020.