



**Kauno technologijos universitetas**

Informatikos fakultetas

# **Papildytosios realybės panaudojamumo aspektų edukacijai tyrimas**

Baigiamasis magistro studijų projektas

---

**Jonas Ribikauskas**

Projekto autorius

**Doc. dr. Tomas Blažauskas**

Vadovas

---

**Kaunas, 2022**



**Kauno technologijos universitetas**

Informatikos fakultetas

# **Papildytosios realybės panaudojamumo aspektų edukacijai tyrimas**

Baigiamasis magistro studijų projektas  
Programų sistemų inžinerija (6211BX011)

---

**Jonas Ribikauskas**

Projekto autorius

**Doc. dr. Tomas Blažauskas**

Vadovas

**Doc. dr. Šarūnas Packevičius**

Recenzentas

---

**Kaunas, 2022**



**Kauno technologijos universitetas**

Informatikos fakultetas

Jonas Ribikauskas

## **Papildytosios realybės panaudojamumo aspektų edukacijai tyrimas**

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdama(s) kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasi(s) Lietuvos Respublikos autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymo nuostatų, Kauno technologijos universiteto (toliau – Universitetas) intelektinės nuosavybės valdymo ir perdavimo nuostatų bei Universiteto akademinės etikos kodekse nustatytų etikos reikalavimų;
2. baigiamajame projekte visi pateikti duomenys ir tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti teisėtai, nei viena šio projekto dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar elektroninių šaltinių, visos baigiamojo projekto tekste pateiktos citatos ir nuorodos yra nurodytos literatūros sąrašė;
3. įstatymų nenumatytų piniginių sumų už baigiamąjį projektą ar jo dalis niekam nesu mokėjęs (-usi);
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalinta(s) iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Jonas Ribikauskas

*Patvirtinta elektroniniu būdu*

Ribikauskas, Jonas. Papildytosios realybės panaudojamumo aspektų edukacijai

tyrimas. Magistro studijų baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Tomas Blažauskas; Kauno technologijos universitetas, Informatikos fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Programų sistemų inžinerija.

Reikšminiai žodžiai: Papildytosios, realybės, edukacijai, aspektų, tyrimas.

Kaunas, 2022. 67 p.

### **Santrauka**

Šiame darbe analizuojama literatūra susijusi su papildytosios realybės panaudojimu edukacijoje bei įvairios papildytosios realybės sistemos. Taip pat darbe analizuojama sukurta 3D modelių papildytoje realybėje peržiūros sistema, aprašomi atlikti kokybės analizės, SUS panaudojamumo, paviršiaus aptikimo greičio, padėties sekimo tyrimai.

3D modelių peržiūros papildytoje realybėje sistema buvo sukurta naudojant „WebXR“ programavimo sąsają bei „Ionic“ karkasą. Naudojamas vaizdavimas nenaudojant žymeklių, kadangi tai šiuo metu populiariausias papildytosios realybės atvaizdavimo metodas.

Ribikauskas, Jonas. Analysis of augmented reality usability aspects for educational purposes. Master's Final Degree Project / supervisor doc. dr. Tomas Blažauskas; Faculty of Informatics, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Software Engineering.

Keywords: Analysis, augmented, reality, educational.

Kaunas, 2022. 67 pages.

### **Summary**

This work analyses various literature related to augmented reality and its usage in education. This work also analyses an augmented reality 3D model viewer and describes the following studies which were conducted using it: quality analysis study, SUS study, surface recognition speed study and position tracking study.

The augmented reality 3D model viewer system was developed using the WebXR standard and the Ionic framework. Marker-less augmented reality was chosen because it is currently the most widely used form of augmented reality.

## Turinys

<b>Lentelių sąrašas .....</b>	<b>8</b>
<b>Paveikslų sąrašas .....</b>	<b>9</b>
<b>Santrumpų ir terminų sąrašas .....</b>	<b>11</b>
<b>1. Įžanga.....</b>	<b>12</b>
1.1. Dokumento paskirtis.....	12
1.2. Santrauka .....	12
1.3. Tikslas.....	12
1.4. Uždaviniai.....	12
<b>2. Analitinė dalis .....</b>	<b>13</b>
2.1. Poreikio analizė .....	13
2.1.1. Projekto vartotojai ir klientai .....	13
2.1.2. Vartotojo problemos .....	13
2.2. Konkurentų analizė.....	13
2.3. Literatūros apžvalga .....	14
2.3.1. Papildytosios realybės apibūdinimas, tipai ir programos .....	14
2.3.2. Papildytosios realybės programų kūrimo įrankiai .....	19
2.3.3. Papildytosios realybės pritaikymas mokymo tikslams.....	19
2.3.4. PR panaudojimo edukacijai poveikio matavimas.....	20
2.3.5. Papildytosios realybės panaudojimo edukacijai tikslai .....	21
2.4. Pasirinktas sprendimas .....	21
2.5. Apibendrinančios išvados.....	22
<b>3. Projektinė dalis .....</b>	<b>23</b>
3.1. Reikalavimų specifikavimas.....	23
3.1.1. Projekto kūrimo pagrindas (pagrindimas) .....	23
3.1.2. Sistemos tikslai (paskirtis).....	23
3.1.3. Užsakovai, pirkėjai ir kiti sistema suinteresuoti asmenys .....	23
3.1.4. Naudotojai .....	23
3.1.5. Apribojimai sprendimui.....	23
3.1.6. Diegimo aplinka .....	23
3.1.7. Komerciniai specializuoti programų paketai .....	23
3.1.8. Numatoma darbo vietos aplinka .....	23
3.1.9. Svarbūs faktai ir prielaidos .....	24
3.1.10. Panaudojimo atvejai .....	24
3.1.11. Nefunkciniai reikalavimai .....	30
3.1.12. Architektūros specifikacija.....	30
3.1.13. Architektūros pateikimas.....	30
3.1.14. Architektūros tikslai ir apribojimai .....	31
3.1.15. Išdėstymo vaizdas.....	31
3.1.16. Paketų detalizavimas .....	32
3.1.17. Sistemos dinaminis vaizdas .....	34
3.1.18. Duomenų vaizdas .....	45
3.2. Testavimas .....	46
3.2.1. Testavimo tikslai ir objektai .....	46
3.2.2. Testavimo apimtis ir tipai .....	46

3.2.3. Pagrindiniai apribojimai .....	46
3.2.4. Testuojama programų sistema .....	46
3.2.5. Testuojama vartotojo sąsaja .....	46
3.2.6. Vienetų testavimo atvejai .....	49
3.2.7. Integravimo testavimo vykdymas.....	50
<b>4. Eksperimentinė dalis .....</b>	<b>51</b>
4.1. Eksperimentiniai tyrimai .....	51
4.2. Kokybės tyrimas .....	51
4.2.1. Atlikto darbo kokybės analizės tikslai.....	51
4.2.2. Interviu su užsakovu.....	51
4.2.3. Peržiūrų aprašymas ir rolės .....	51
4.2.4. Realizuotų pakeitimų sąrašas .....	52
4.2.5. Vertinimo rezultatai.....	52
4.3. Panaudojamumo tyrimas .....	53
4.3.1. Apklauskos atlikimo protokolas .....	53
4.3.2. Apklauskos rezultatai .....	53
4.4. Paviršiaus aptikimo greičio eksperimentas .....	59
4.4.1. Eksperimento atlikimo protokolas.....	59
4.4.2. Eksperimento rezultatai .....	60
4.5. Padėties sekimo eksperimentas .....	61
4.5.1. Eksperimento atlikimo protokolas.....	61
4.5.2. Eksperimento rezultatai .....	61
4.6. Apibendrinančios išvados.....	64
<b>Išvados .....</b>	<b>65</b>
<b>Literatūros sąrašas .....</b>	<b>66</b>

## Lentelių sąrašas

<b>1 lentelė.</b> Sistemos konkurentai .....	13
<b>2 lentelė.</b> Papildytosios realybės programų palyginimas .....	18
<b>3 lentelė.</b> PA - prisijungti .....	24
<b>4 lentelė.</b> PA - atsijungti.....	25
<b>5 lentelė.</b> PA - registruotis.....	25
<b>6 lentelė.</b> PA – peržiūrėti 3D modelių įrašus .....	25
<b>7 lentelė.</b> PA –peržiūrėti 3D modelį papildytoje realybėje .....	26
<b>8 lentelė.</b> PA –filtruoti įrašus .....	26
<b>9 lentelė.</b> PA – sukurti naują įrašą.....	26
<b>10 lentelė.</b> PA –peržiūrėti 3D modelį.....	27
<b>11 lentelė.</b> PA – keisti 3D modelio dydį .....	27
<b>12 lentelė.</b> PA – peržiūrėti apklausas .....	27
<b>13 lentelė.</b> PA – atsakyti į apklausą .....	27
<b>14 lentelė.</b> PA – atsakyti į apklausą papildytoje realybėje.....	28
<b>15 lentelė.</b> PA – sukurti apklausą.....	28
<b>16 lentelė.</b> PA – peržiūrėti apklausą.....	28
<b>17 lentelė.</b> PA – peržiūrėti vertinimus.....	29
<b>18 lentelė.</b> PA – vertinti atsakymus.....	29
<b>19 lentelė.</b> PA – redaguoti apklausą.....	29
<b>20 lentelė.</b> PA – inicijuoti apklausą .....	30
<b>21 lentelė.</b> Peržiūrų aprašymas.....	51
<b>22 lentelė.</b> Rolės .....	52
<b>23 lentelė.</b> Sistemos vertinimo kriterijai .....	52
<b>24 lentelė.</b> Sistemos vertinimas.....	52
<b>25 lentelė.</b> SUS įvertinimai .....	58
<b>26 lentelė.</b> Greičio aptikimas gerame apšvietime .....	60
<b>27 lentelė.</b> Greičio aptikimas prastame apšvietime.....	60
<b>28 lentelė.</b> Modelio koordinatės.....	63



## Paveikslų sąrašas

<b>1 pav.</b> Žymekliu paremtos PR pavyzdys [6] .....	15
<b>2 pav.</b> PR be žymeklių [9].....	15
<b>3 pav.</b> Projektijomis paremta PR [10] .....	16
<b>4 pav.</b> Pakeitimu paremta papildytoji realybė [11] .....	16
<b>5 pav.</b> „Augment – 3D Augmented Reality“ programos vaizdas .....	17
<b>6 pav.</b> „AR Viewer (Augmented Reality)“ programos vaizdas .....	18
<b>7 pav.</b> Catchy Words AR programa [14] .....	19
<b>8 pav.</b> CoSpaces Edu galerijos langas [15] .....	20
<b>9 pav.</b> Sistemos PA diagrama .....	24
<b>10 pav.</b> Išdėstymo diagrama.....	32
<b>11 pav.</b> Papildytosios realybės posistemė .....	33
<b>12 pav.</b> Naudotojo posistemė .....	33
<b>13 pav.</b> Apklausų posistemė.....	34
<b>14 pav.</b> PA atsijungti veiksmų eiliškumo diagrama.....	35
<b>15 pav.</b> PA peržiūrėti 3D modelius papildytoje realybėje veiksmų eiliškumo diagrama .....	35
<b>16 pav.</b> PA peržiūrėti 3D modelių įrašus veiksmų eiliškumo diagrama .....	36
<b>17 pav.</b> PA prisijungti veiksmų eiliškumo diagrama .....	37
<b>18 pav.</b> PA registruotis veiksmų eiliškumo diagrama.....	38
<b>19 pav.</b> PA sukurti naują įrašą .....	38
<b>20 pav.</b> PA peržiūrėti 3D modelį .....	38
<b>21 pav.</b> PA atsakyti į apklausą .....	39
<b>22 pav.</b> PA įvertinti apklausą .....	40
<b>23 pav.</b> PA keisti 3D modelio dydį .....	40
<b>24 pav.</b> PA sukurti apklausą.....	40
<b>25 pav.</b> PA – atsakyti į apklausą papildytoje realybėje.....	41
<b>26 pav.</b> Sekos diagrama registruotis .....	42
<b>27 pav.</b> Sekos diagrama prisijungti .....	42
<b>28 pav.</b> Sekos diagrama peržiūrėti 3D modelių įrašus.....	43
<b>29 pav.</b> Sekos diagrama filtruoti įrašus .....	43
<b>30 pav.</b> Sekos diagrama peržiūrėti 3D modelį .....	43
<b>31 pav.</b> Sekos diagrama atsijungti.....	44
<b>32 pav.</b> Sekos diagrama peržiūrėti 3D modelį papildytoje realybėje .....	44
<b>33 pav.</b> Sekos diagrama keisti 3D modelio dydį.....	44
<b>34 pav.</b> Duomenų bazės schema .....	45
<b>35 pav.</b> Pagrindinis langas.....	47
<b>36 pav.</b> Modelio pasirinkimo langas .....	48
<b>37 pav.</b> Papildytosios realybės paleidimo langas.....	48
<b>38 pav.</b> Papildytosios realybės grafinė sąsaja .....	49
<b>39 pav.</b> Vientų testo pavyzdys.....	50
<b>40 pav.</b> Integracinio testo pavyzdys .....	50
<b>41 pav.</b> Atsakymai į pirmą teiginį .....	54
<b>42 pav.</b> Atsakymai į antrą klausimą .....	54
<b>43 pav.</b> Atsakymai į trečią klausimą .....	55
<b>44 pav.</b> Atsakymai į ketvirtą klausimą.....	55

<b>45 pav.</b> Atsakymai į penktą klausimą .....	56
<b>46 pav.</b> Atsakymai į šeštą klausimą .....	56
<b>47 pav.</b> Atsakymai į septintą klausimą.....	57
<b>48 pav.</b> Atsakymai į aštuntą klausimą.....	57
<b>49 pav.</b> Atsakymai į devintą klausimą .....	58
<b>50 pav.</b> Atsakymai į dešimtą klausimą.....	58
<b>51 pav.</b> Greičio tyrimo aplinkos vaizdas.....	60
<b>52 pav.</b> Pirminis modelio vaizdas .....	62
<b>53 pav.</b> Antrinis modelio vaizdas.....	63

## Santrumpų ir terminų sąrašas

### Santrumpos:

PA – panaudojimo atvejis.

PR – papildytoji realybė.

SDK – „Software Development Kit“. Programų kūrimo priemonė.

UML – „Unified Markup Language“. Unifikuota modeliavimo kalba skirta modeliavimui.

IDE – „Integrated Development Environment“. Programavimo aplinka.

COTS – „Commercial off-the-shelf“. Komerciškai prieinami produktai.

## **1. Įžanga**

### **1.1. Dokumento paskirtis**

Šiame dokumente apžvelgiami papildytosios realybės resursų atvaizdavimo įrankiai. Taip pat pateikiamas sukurtos papildytosios realybės resursų peržiūros projektas. Papildomai aprašomi atlikti plokštumos radimo greičio ir erdvės orientavimosi tyrimai bei atliktos panaudojimo apklausos rezultatai. Galiausiai pateikiamos išvados gautos remiantis tyrimo rezultatais.

### **1.2. Santrauka**

Pastaruosiu metu populiarėja pakankamai neseniai sukurtos technologijos. Viena iš šių technologijų - papildytoji realybė. Anot įvairių šaltinių per 3 - 5 metus papildytoji realybė (toliau PR) pasieks mokyklas, universitetus ir kitas mokymo institucijas [1], taip pat tikėtina, kad PR rinka iki 2025 metų pasieks 198 milijardo JAV dolerių [2].

Tai rodo vis didėjančią PR programų paklausą. Tuo pasinaudoti siekiama kuriant sistemą, kuri suteiks galimybę edukacinių institucijų darbuotojams praturtinti jų teikiamas pamokas PR suteikiamomis galimybėmis.

Projekto pasiūlymas suformuluotas pagal Doc. Tomo Blažausko užsakymą. Sistema bus kuriama kaip magistrinio darbo dalis.

Projektas planuojamas įvykdyti per metus, iki 2022 m. birželio mėnesio. Projekto rezultatas bus sukurta PR resursų peržiūros sistema, leidžianti peržiūrėti įvairius 3D modelius PR. Projekto rezultatui pasiekti bus naudojamos įvairios saityno technologijos, Android Studio bei PR programų kūrimo SDK. Aplikacijos naudotojai bus edukacinių institucijų darbuotojai bei studentai, mokiniai.

### **1.3. Tikslas**

Šio darbo tikslas suteikti PR panaudojimo priemones mokytojams, naudojant saityno technologijas.

### **1.4. Uždaviniai**

Tikslui pasiekti išsikelti šie uždaviniai:

- atlikti literatūros analizę;
- atlikti konkurentų analizę;
- pasirinkti priemones realizuoti PR sistemą;
- suprojektuoti PR sistemą;
- atlikti kokybės analizės, SUS panaudojamumo tyrimas, paviršiaus greičio aptikimo, padėties sekimo tyrimus.

## 2. Analitinė dalis

### 2.1. Poreikio analizė

#### 2.1.1. Projekto vartotojai ir klientai

Pagrindiniai sistemos naudotojai: įvairių sričių mokytojai, profesoriai bei jų paskaitų, pamokų klausantys studentai, mokiniai. Taip pat galimi ir kiti naudotojai, tačiau sistema kuriama būtent šioms naudotojų grupėms. Svarbu paminėti, kad tikimasi, jog naudotojai turės bent vidutinišką patirtį IT srityje.

#### 2.1.2. Vartotojo problemos

Problemoms, su kuriomis susiduria naudotojai, ir kurias kuriama sistema sprendžia yra: mažas studentų įsitraukimas paskaitų metu, mažas studentų pasitenkinimas pamokomis ir kitos problemos, susijusios su mokomos medžiagos pateikimu studentams ir mokiniams.

### 2.2. Konkurentų analizė

Šiuo metu sistema turi įvairių konkurentų. Šiame skyriuje bus analizuojami 2 konkretūs konkurentai: „Augment – 3D Augmented Reality“, „AR Viewer (Augmented Reality)“.

„Augment – 3D Augmented Reality“ – tai „Android“ ir „iOS“ programėlė, leidžianti peržiūrėti savo 3D modelius papildytojoje realybėje. Naršyklės programėlėje naudotojas įkelia savo 3D modelius, kuriuos peržiūri per Android/iOS programėlę PR.

„AR Viewer (Augmented Reality)“ – tai Android ir iOS programėlė leidžianti peržiūrėti savo 3D modelius papildytoje realybėje. Naudotojas atsidaręs programą įkelia savo 3D modelius ir juos peržiūri papildytojoje realybėje.

1 lentelėje pateikiama palyginimas tarp kuriamos sistemos ir konkurentų.

1 lentelė. Sistemos konkurentai

Kriterijus	Kuriama sistema	„Augment – 3D Augmented Reality“	„AR Viewer (Augmented Reality)“
Galimybė peržiūrėti savo įkeltus 3D modelius	Taip	Taip	Taip
Galimybė peržiūrėti kitų naudotojų įkeltus 3D modelius	Taip	Ne (tik pavyzdinius)	Ne (tik pavyzdinius)
Galimybė peržiūrėti įkeltus modelius naršyklėje	Taip	Ne	Ne (nėra naršyklės programos)
Ar mokama?	Ne (iki tam tikro skaičiaus 3D modelių)	Taip (yra bandomasis laikotarpis)	Ne
Galimybė naudoti QR kodus	Ne	Taip	Ne
Galimybė įkelti 3D modelį per mobiliąją programėlę	Ne	Ne	Taip

Iš lentelės matome, kad „Augment – 3D Augmented Reality“ yra pranašesnė už kuriamą sistemą šiuo aspektu: leidžia naudoti QR kodus atvaizduoti modeliams papildytoje realybėje. „AR Viewer (Augmented Reality)“ pranašesnė šiuo aspektu: leidžia įkelti 3D modelius mobiliojoje programėlėje.

Kuriama sistema pranašesnė keliais aspektais: leis peržiūrėti ne tik savo, bet ir kitų naudotojų įkeltus 3D modelius bei suteiks naršyklės sąsają, kuri leis įkeltus 3D modelius peržiūrėti naršyklėje.

### **2.3. Literatūros apžvalga**

Šioje dalyje bus analizuojami veiksniai, lemiantys PR sistemų panaudojimo edukacijai poreikius bei įvertinamos skirtingų sistemų galimybės ir jos palyginamos tarpusavyje.

Taip pat numatomi kuriamos sistemos poreikiai ir technologijos šiems poreikiams realizuoti.

#### **2.3.1. Papildytosios realybės apibūdinimas, tipai ir programos**

Papildytosios realybės technologija – tai technologija, kuri apjungia virtualią informaciją su realiu pasauliu. Tam pasiekti naudojama naudojamas 3D modeliavimas, realaus laiko objektų atpažinimas ir įvairios kitos technologijos. PR principas yra pateikti kompiuterio sugeneruota virtualią informaciją: tekstą, paveikslus, 3D modelius, garsą, vaizdo įrašus ir t.t realiaame pasaulyje po simuliacijos. Tokiu būdu informacija papildo viena kitą ir pasiekiamas realaus pasaulio papildymas [4].

Papildytosios realybės sistemas galima apibūdinti trimis aspektais [3]:

- virtualių ir realių objektų apjungimas virtualioje erdvėje;
- bendras lygiavimas tarp realių ir virtualių objektų;
- interaktyvus implementavimas realiu laiku.

Papildytosios realybės technologija „papildo“ mus supantį realų pasaulį virtualia informacija ir taip suteikia papildytą realaus pasaulio vaizdą.

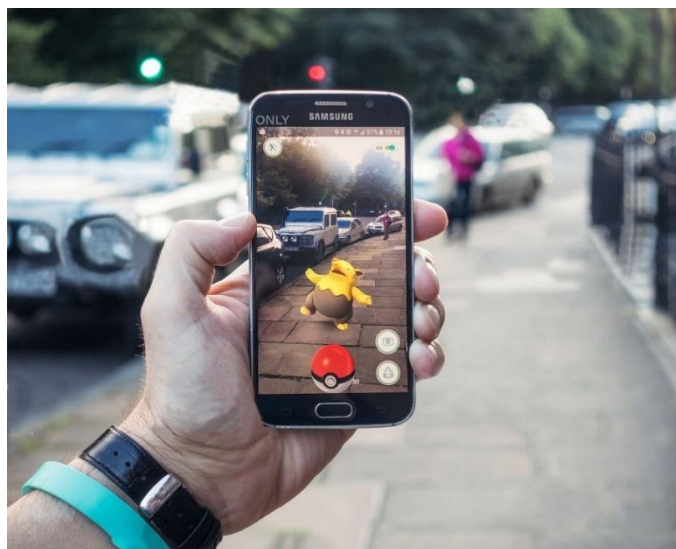
Išskiriami 4 PR tipai: žymekliais paremta PR (Marker-Based AR), PR be žymeklių (Marker-less Augmented Reality), projekcijomis paremta PR (Projection Augmented Reality) ir pakeitimu paremta PR (Superimposition Based Augmented Reality) [5]. Žemiau trumpai paaiškinamas kiekvienas šių tipų:

1. Žymekliais paremta PR – žymekliais paremta PR naudoja vaizdinius žymeklius (bar kodus ir kitus), kuriuos padengia virtualiais objektais [7]. Taip išsprendžiama realios aplinkos atpažinimo problema – nereikia naudoti papildomų sensorių atpažinti aplinkai. 1 paveiksliuke pateikiamas šios PR pavyzdys.



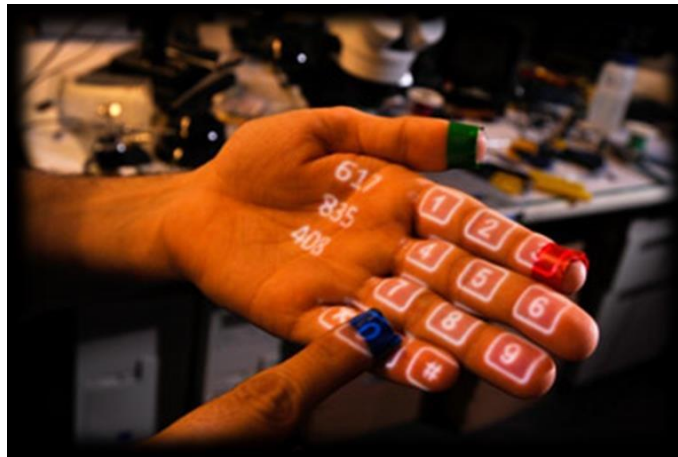
**1 pav.** Žymekliu paremtos PR pavyzdys [6]

2. PR be žymeklių – skirtingai nei žymekliais paremtoje papildytoje realybėje, virtualūs objektai pateikiami nenaudojant žymeklių. Tai pasiekama naudojant įvairias technologijas: GPS, giroskopai, kameros, akcelerometrai ir kiti, kurie apibrėžti šaltiniuose [8, 9]. Populiariausias būdas realizuoti šį PR tipą yra sukurti 3D tinklą pasinaudojant kameros duomenimis ir tada 3D virtualų objektą pateikti šiame tinklelyje. Virtualaus objekto vieta virtualiajame tinklelyje atitiks jo vietą realiam pasaulyje. 2 paveiksliuke pateiktas šios PR pavyzdys.



**2 pav.** PR be žymeklių [9]

3. Projektijomis paremta papildytoji realybė – šiame PR tipe realus objektas padengiamas šviesos projekcija ir taip papildomas realus objektas nauja informacija. 3 paveiksliuke pateikiamas pavyzdys.



**3 pav.** Projektijomis paremta PR [10]

4. Pakeitimu paremta PR – tai PR, kai dalis realaus objekto yra pakeičiama realiu objektu. Šis PR tipas panašus į žymekliais paremta PR tipą tik šiuo atveju markeris yra realus objektas ar jo dalis. 4 paveiksliuke pateiktas pavyzdys:



**4 pav.** Pakeitimu paremta papildytoji realybė [11]

PR taip pat galima klasifikuoti pagal modifikuojamą/papildomą vaizdą:

1. Netiesioginis papildymas. Kai papildytosios realybės programą modifikuoja realaus pasaulio paveikslą. Pvz.: sistema, kuri pakeičia paveiksle vaizduojamo žmogaus plaukų spalvą.
2. Nepriklausomas nuo aplinkos. Tai papildytosios realybės programos, kurių veikimui aplinka, kurioje vaizduojami 3D modeliai, neturi įtakos. Šiam tipui dažnai priskiriami įvairūs mobiliems įrenginiams skirti žaidimai. Pvz.: mobilus žaidimas, kurio tikslas susprogdinti skraidančius burbulus.

Šiuo metu populiariausias PR tipas yra PR be žymeklių. Toliau bus analizuojamos kelios populiarios PR programos skirtos mobiliems įrenginiams. Konkrečiai šios 2 populiarios programos, skirtos peržiūrėti įvairiems 3D objektams papildytoje realybėje: „Augment – 3D Augmented Reality“, „AR Viewer (Augmented Reality)“.

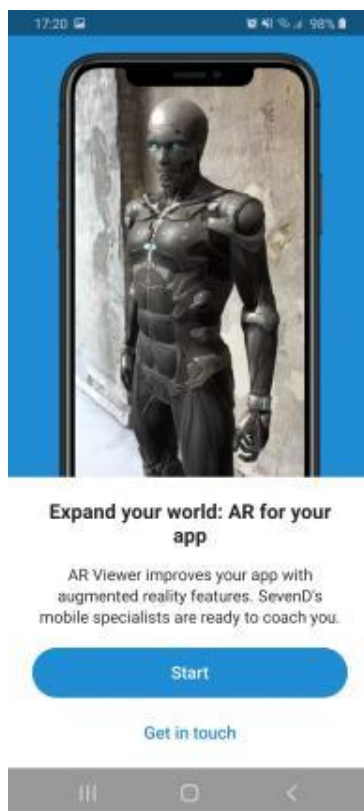


„Augment – 3D Augmented Reality“ – tai Android ir iOS programa, leidžianti peržiūrėti savo 3D modelius papildytoje realybėje. Naršyklės programoje naudotojas įkelia savo 3D modelius, kuriuos peržiūri per Android/iOS programą papildytoje realybėje. 5 paveiksluke pateikiamas programos pagrindinio lango vaizdas.



**5 pav.** „Augment – 3D Augmented Reality“ programos vaizdas

„AR Viewer (Augmented Reality)“ – tai Android ir iOS programą leidžianti peržiūrėti savo 3D modelius papildytoje realybėje. Naudotojas atsidaręs programą įkelia savo 3D modelius ir juos peržiūri papildytoje realybėje. 6 paveiksluke pateikiamas programos pagrindinis langas.



6 pav. „AR Viewer (Augmented Reality)“ programos vaizdas

2 lentelėje pateikiamas abiejų programų palyginimas.

2 lentelė. Papildytosios realybės programų palyginimas

Kriterijus	Augment – 3D Augmented Reality	AR Viewer (Augmented Reality)
Galimybė peržiūrėti savo įkeltus 3D modelius	Taip	Taip
Galimybė peržiūrėti kitų naudotojų įkeltus 3D modelius	Ne (tik pavyzdinius)	Ne (tik pavyzdinius)
Galimybė peržiūrėti įkeltus modelius naršyklėje	Ne	Ne (nėra naršyklės programos)
Ar mokama?	Taip (yra bandomasis laikotarpis)	Ne
Galimybė naudoti QR kodus	Taip	Ne
Galimybė įkelti 3D modelį per mobiliąją programą	Ne	Taip

Iš lentelės matyti, kad abi programos leidžia peržiūrėti 3D objektus PR, tačiau neleidžia peržiūrėti kitų naudotojų įkeltų modelių.

### 2.3.2. Papildytosios realybės programų kūrimo įrankiai

Žemiau pateikiami keli populiariausi įrankiai naudojami sukurti papildytosios realybės programoms:

- ARKit – tai PR programų kūrimo platforma išleista „Apple“ kompanijos 2017 metais. Programuotojai gali naudoti platformos suteikiamus įrankius kurdami programos „iPhone“ ir „iPad“ įrenginiams. ARKit padeda programuotojams kurti programėles, kuriuos palaiko 2 įrenginių dalinimasi tais pačiais virtualiais objektais. Tai padaro PR patirtį labiau įtraukiančią [4].
- ARCore – Google sukurta programinės įrangos platforma skirta kurti papildytosios realybės programėlėms. Ši platforma panaši į ARKit. Platforma leidžia pasinaudoti debesų kompiuterija pasiekti virtualiems objektams [4].
- Vuforia – šiuo metu populiariausia platforma. Pagrindinis skiriamasis bruožas yra tai, jog platforma palaiko Android, iOS, UWP [4].
- Wikitude SDK – šios platformos skiriamasis bruožas yra tas, jog ji palaiko geolokacijos teikiamas funkcijas (leidžia realius objektus papildyti virtualias pagal jų GPS koordinates).
- WebXR – programavimo sąsaja skirta PR ir virtualios realybės funkcionalumui realizuoti naršyklės programose.

### 2.3.3. Papildytosios realybės pritaikymas mokymo tikslams

Šiuo metu yra įvairių tipų PR programų skirtų: turizmui, reklamai, žaidimams, socialiniams tinklams, menui ir t.t. Todėl dabar reiktų apibūdinti kaip atrodo PR programos skirtos edukacijai.

Jau dabar PR yra naudojama kai kuriose mokyklose siekiant skatinti mokinių dalyvavimą pamokose [12]. Anot Scott Jochim, kūrybos direktorius Digital Tech Frontier įmonėje, „Užtenka sukurti paprastą modelį naudojant Google SketchUp ar sudėtingesnį modelį naudojant 3ds Max, suteikti modeliui atributus ir jūs ir jūsų studentai jau įtraukiami į PR edukacinę patirtį“ [12].

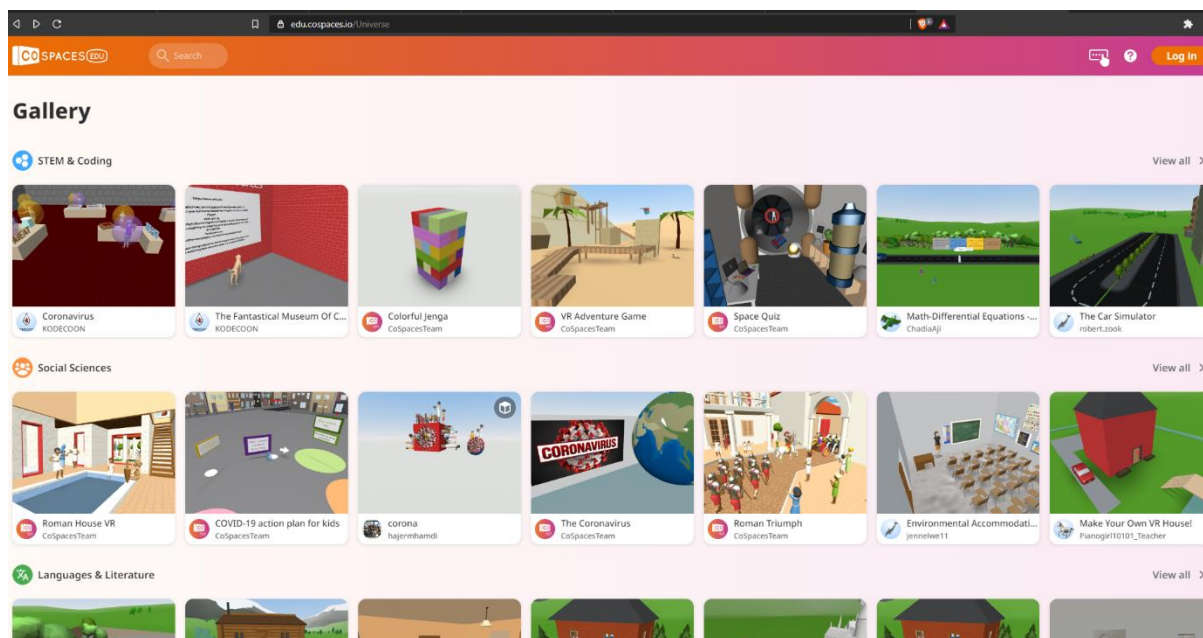
Jau dabar galima rasti pakankamai daug 3D programų skirtų būtent edukacijai. Žemiau nagrinėjamos kelios populiariausios:

- 3DBear – tai programa, kuri panaudoja tokias technologijas kaip PR, virtuali realybė, 360 laipsnių fotografijos ir 3D spausdinimas, kad pateiktų įdomias ir įtraukiančias pamokas studentams [13]. Programa leidžia mokytojams kurti pamokas, kurias studentai peržiūri naudodami įrenginius, galinčius pateikti virtualios pamokos turinį.
- Catchy Words AR – pakankamai paprasta programa, kuri PR pateikia raides, iš kurių naudotojas bando surinkti žodį. 7 paveiksluke pateikiami programos vaizdai.



7 pav. Catchy Words AR programa [14]

- CoSpaces Edu – programa leidžianti naudotojams kurti įvairias pamokas pasitelkiant 3D modelius, paveikslukus ir vaizdo įrašus. Mokiniai šias pamokas gali peržiūrėti interneto naršyklėje, papildytoje realybėje arba virtualioje realybėje. Taip pat yra pateikiama daug pamokų, kurios pasiekiamos visiems naudotojams. 8 paveiksluke pateikiamas programos galerijos lango vaizdas.



8 pav. CoSpaces Edu galerijos langas [15]

- World brush – tai PR programa leidžianti kurti 3D piešinius PR.

Apžvelgus programas, kuriuos skirtos edukacijai tampa aiškūs keli aspektai, iš kurių bent vienu turi pasižymėti PR programėlė, kad ji būtų tinkama edukacijai: galimybė kurti arba pateikti kitų naudotojų sukurtą turinį (pamokas, 3D modelius ir kita), galimybė manipuluoti virtualius objektus.

#### 2.3.4. PR panaudojimo edukacijai poveikio matavimas

Galiausiai reikėtų apibrėžti rodiklius, kuriais būtų galima matuoti PR programos teigiamą arba neigiamą poveikį studentams arba mokiniams. Šaltinyje [16] pateiktame tyrime buvo tiriamas PR programos skirtos meno edukacijai poveikis studentams. Tyrimo metu buvo apibrėžti klausimai į kuriuos buvo bandoma atsakyti: 1. Ar PR programos naudojimas darė įtaką studentų motyvacijai? 2. Ar kilo sunkumų bandant naudotis PR programa? 3. Ar PR programos naudojimas darė įtaką informacijos įsiminimui? 4. Ar PR programos naudojimas paskatino studentus labiau įsitraukti į diskusiją apie mokomą medžiagą?

Tyrimo pabaigoje buvo pateikti atsakymai į kiekvieną iš šių klausimų. Buvo pastebėta, kad 1. PR naudojimas turėjo teigiamą įtaką studentų motyvacijai. 2. Bandant naudotis programa nebuvo susidurta su sunkumais. 3. Studentai, kuriems pamoka buvo dėstoma naudojant PR, geriau įsiminė pamokoje pateiktą informaciją lyginant su studentais, kuriems pamoka buvo dėstoma pasitelkiant skaidres. 4. Studentai buvo labiau linkę diskutuoti ir dalintis savo patirtimi ir išvalgomis, kai pamoka buvo dėstoma pasitelkiant PR.

Taigi galima atpažinti kelis aspektus, kuriais galima matuoti PR programos įtaką studentams [17]:

- studentų įsimintos informacijos kiekiu,
- motyvacijos pokyčiu,
- pagerintu pasitenkinimu pamoka,
- sumažintais kaštais edukacijai,
- teigiamais atsiliepimais,
- studentų įsitraukimas į diskusijas pamokos metu.

### **2.3.5. Papildytosios realybės panaudojimo edukacijai tikslai**

Apžvelgus PR panaudojimą edukaciniams tikslams vertėtų išskirti konkrečius tikslus, kuriuos bandoma pasiekti naudojant PR programas edukacinėje aplinkoje. Remiantis PR panaudojimo tendencijomis, galima išskirti 7 tikslus, kurių siekiama naudojant PR edukacijoje [17]:

1. Temos paaiškinimas. Kai PR panaudojama paaiškinti temai. Pvz.: PR programa, kuri vaizduoja tam tikrus biologinius procesus.
2. Temos įvertinimas. Kai PR panaudojama įvertinti tam tikriems temos aspektams. Pvz.: PR programa, kuri bando įvertinti kaip gerai mokinys supranta aiškinamą temą.
3. Laboratoriniai eksperimentai. Kai atliekami laboratoriniai eksperimentai naudojant PR programą.
4. Edukaciniai žaidimai. Kai naudojami PR edukaciniai žaidimai, siekiant edukacinį procesą paversti panašiu į žaidimą.
5. Informacijos papildymas. Kai PR programos naudojamos papildyti studentui vaizduojamą objektą papildoma informacija.
6. Tyrimai. Kai PR programos pritaikomos įvairiose tyrimuose.
7. Kiti tikslai. Tai aukščiau nepaminėti tikslai.

Papildomai reikėtų paminėti, kad PR panaudojimas galėtų tam tikrais atvejais sumažinti pamokos kaštus. Pavyzdžiui: pasitelkiant PR būtų galima rengti virtualias ekskursijas, kurių metu realūs muziejų eksponatai būtų rodomi PR, taip pakeičiant realią ekskursiją.

Taip pat reiktų apibrėžti kaip studentai naudoja PR:

1. Objekto analizė. Studentai analizuoja PR vaizduojamus objektus, pateikiamą informaciją ar vizualizaciją, kuri vaizduoja tam tikrą procesą. Pvz.: biologijos pamokoje studentai gali stebėti širdies darbą PR.
2. Objekto manipuliacija. Studentai gali manipuluoti PR pateikiamais objektais. Pvz.: studentai chemijos pamokoje PR jungia elementus ir bando suformuoti specifinius cheminius junginius.
3. Aplinkos keitimas. Studentai papildytoje realybėje gali keisti aplinką pasiekti tam tikriems tikslams. Pvz.: studentai dailės pamokoje keičia kambario sienų spalvas bandydami pritaikyti jas kambario dizainui.
4. Kiti būdai. Aukščiau nepaminėti PR naudojimo būdai.

### **2.4. Pasirinktas sprendimas**

Remiantis apžvelgta informacija buvo nuspręsta realizuoti hibridinę Android/naršyklės programėlę naudojant „Ionic“ karkasą ir „WebXR“ programavimo sąsają.

Android/naršyklės programa bus skirta atsirinkti ir peržiūrėti 3D modelius papildytoje realybėje. Aplikacijoje naudotojas prisijungs prie paskyros, pasirinks norimą peržiūrėti modelį ir jis jam bus pateikiamas papildytoje realybėje pasitelkiant išmanaus įrenginio kamerą.

Daugiau informacijos apie sistemą bus pateikiama trečiame skyriuje.

### **2.5. Apibendrinančios išvados**

1. Galima pastebėti, kad per paskutinius kelis metus palaipsniui kas metus daugėja atliekamų tyrimų apie PR panaudojimą [18]. Tai rodo vis didėjančią susidomėjimą šia technologija.
2. Papildytoji realybė gali būti panaudota įvairiems tikslams pasiekti edukacijoje. Tai rodo jos aktualumą ir panaudojamumą šioje srityje.
3. PR dažniausiai naudojama suteikti studentams, mokiniams papildomos informacijos pamokos metu, sužadinti jų susidomėjimą leidžiant interaktyviai manipuliuoti virtualiais objektais. Tai rodo jau dabar sukurtų PR programų naudojimas.
4. PR daro teigiamą įtaką edukacijai ir ši įtaka yra pamatuojama įvairiais aspektais.
5. PR programas galime skirti į kelis tipus pagal vietos nurodymo būdą arba papildomą vaizdą.
6. Remiantis technologijų ir konkurentų apžvalga buvo nuspręsta kokią sistemą realizuoti.

### **3. Projektinė dalis**

#### **3.1. Reikalavimų specifikavimas**

##### **3.1.1. Projekto kūrimo pagrindas (pagrindimas)**

Pastebėta, kad rinkoje yra trūkumas edukacijai skirtų PR programėlių, kurios leidžia peržiūrėti savo sukurtus 3D modelius, todėl nuspręsta sukurti Android/naršyklės programą, kuri leistų tai padaryti.

##### **3.1.2. Sistemos tikslai (paskirtis)**

Pagrindinis sistemos tikslas: suteikti galimybę peržiūrėti įvairius 3D modelius papildytoje realybėje.

Kiti sistemos tikslai: padėti papildytosios realybės programėlių kūrėjams rasti reikalingus resursus, leisti mokytojams vykdyti apklausas.

##### **3.1.3. Užsakovai, pirkėjai ir kiti sistema suinteresuoti asmenys**

Sistemos užsakovas yra prof. Tomas Blažauskas.

Kiti suinteresuoti asmenys: įvairių papildytosios realybės programų kūrėjai ir naudotojai.

##### **3.1.4. Naudotojai**

Išskirtos šios 4 naudotojų grupės:

1. Neprisijungęs naudotojas – naudotojas, kuris neprisijungia prie sistemos.
2. Mokinys – naudotojas, kuris prisijungia su mokinio rolę turinčią paskyrą.
3. Mokytojas – naudotojas, kuris prisijungia su mokytojo rolę turinčią paskyrą.
4. Administratorius – naudotojas, kuris prisijungia su „Admin“ rolę turinčią paskyrą.

##### **3.1.5. Apribojimai sprendimui**

- Sistema privalo naudoti MySQL tipo duomenų bazę. Apribojimas bus laikomas patenkintu, jeigu sistemą bus galima naudoti su MySQL tipo duomenų baze.
- Android/naršyklės programa turi palaikyti Android 8.1 (ir vėlesnes versijas) operacinę sistemą, nes tai daugiausiai naudotojų turinti mobiliųjų įrenginių operacinė sistema.

##### **3.1.6. Diegimo aplinka**

Sistema bus diegiama Android operacinę sistemą palaikančiame įrenginyje, kuris turi fotoaparata. Įrenginys taip pat turi būti prijungtas prie interneto. Sistema taip pat gali būti paleista naršyklėje.

##### **3.1.7. Komerciniai specializuoti programų paketai**

Sistema bus kuriama naudojant „Android Studio“, „Ionic“, „WebXR“ bei kitą programinę įrangą, kadangi šie karkasai leidžia kurti Android/naršyklės hibridines programas.

##### **3.1.8. Numatoma darbo vietos aplinka**

Darbo vietoje privalomas interneto ryšys, kadangi programos pateikiami resursai nebus saugomi lokaliai.

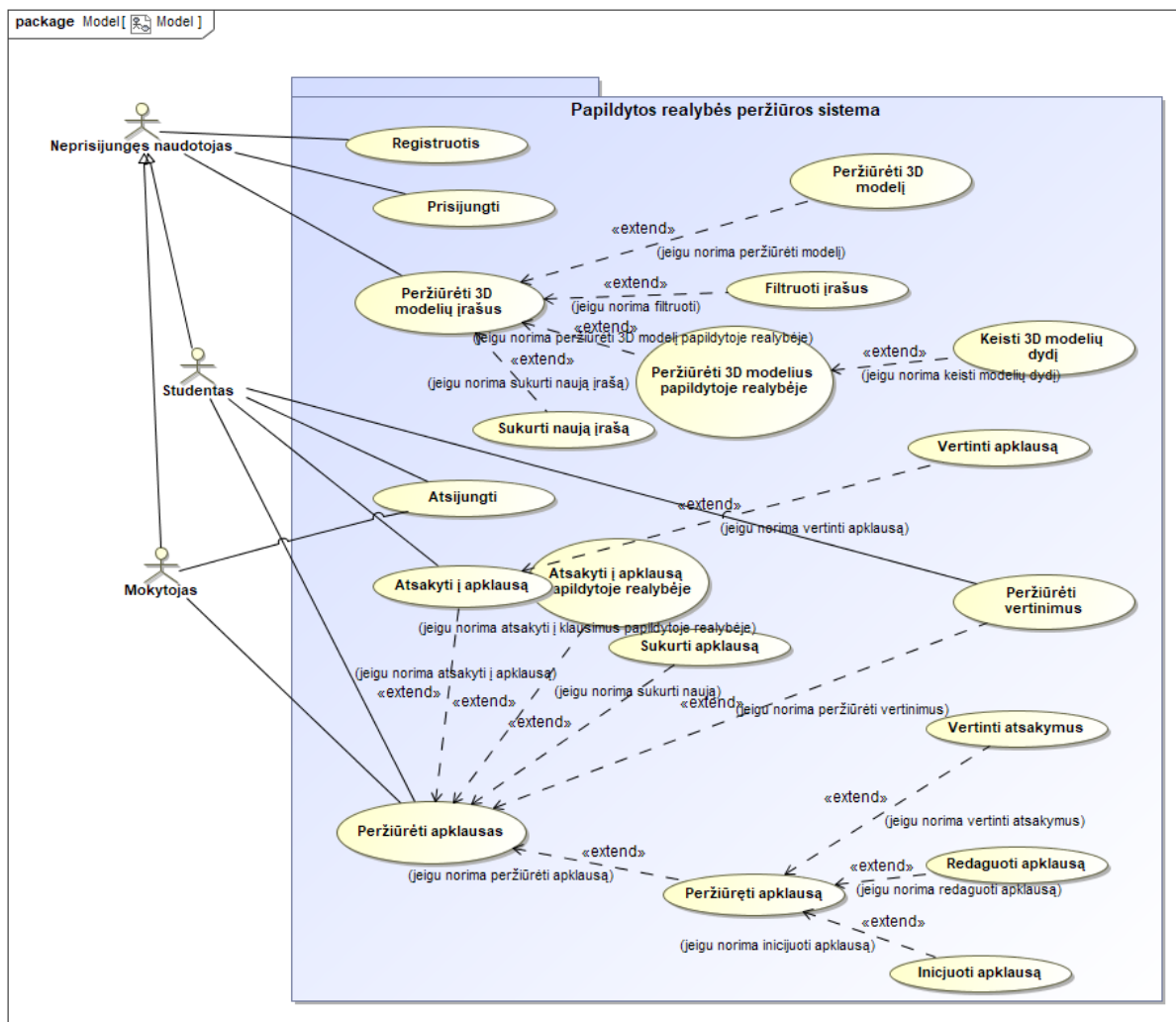
### 3.1.9. Svarbūs faktai ir prielaidos

Prielaidos:

- Kuriama sistema bus skirta Android operacinės sistemos prietaisams.
- Android/naršyklės programa leis peržiūrėti tik 3D modelius.

### 3.1.10. Panaudojimo atvejai

9 paveiksluke pateikta panaudojimo atvejų diagrama.



9 pav. Sistemos PA diagrama

Toliau pateikiami panaudojimo atvejai su aprašymais.

3 lentelėje pateikiamas prisijungimo PA.

3 lentelė. PA - prisijungti

Tikslas	Prisijungti prie sistemos
Aktoriai	Neprisijungęs naudotojas
Ryšiai su kitais PA	Nėra
Nefunkciniai reikalavimai	Prisijungimo operacija neturėtų trukti ilgiau nei 15 s.



Prieš-sąlygos	Naudotojas turi būti atsidaręs programą
Sužadavimo sąlyga	Naudotojas spaudžia prisijungimo mygtuką
Po-sąlyga	Naudotojas prijungiamas prie sistemos
Pagrindinis scenarijus	Naudotojas spaudžia prisijungimo mygtuką. Įveda prisijungimo vardą ir slaptažodį ir spaudžia patvirtinimo mygtuką
Alternatyvus scenarijai	Parodomas klaidos pranešimas, jeigu prisijungimo duomenys neteisingi

4 lentelėje pateikiamas atsijungimo PA.

**4 lentelė. PA - atsijungti**

Tikslas	Atsijungti nuo sistemos
Aktoriai	Mokytojas arba Studentas
Ryšiai su kitais PA	Nėra
Nefunkciniai reikalavimai	Atsijungimo operacija neturėtų trukti ilgiau nei 15 s.
Prieš-sąlygos	Naudotojas turi būti atsidaręs programą
Sužadavimo sąlyga	Naudotojas spaudžia atsijungimo mygtuką
Po-sąlyga	Naudotojas atjungiamas nuo sistemos
Pagrindinis scenarijus	Naudotojas spaudžia atsijungimo mygtuką
Alternatyvus scenarijai	Parodomas klaidos pranešimas, jeigu nepavyko atjungti vartotojo nuo sistemos

5 lentelėje pateikiamas registracijos PA.

**5 lentelė. PA - registruotis**

Tikslas	Sukurti paskyrą sistemoje
Aktoriai	Neprisijungęs naudotojas
Ryšiai su kitais PA	Nėra
Nefunkciniai reikalavimai	Registracijos operacija neturėtų trukti ilgiau nei 15 s.
Prieš-sąlygos	Naudotojas turi būti atsidaręs programą
Sužadavimo sąlyga	Naudotojas spaudžia registravimosi mygtuką
Po-sąlyga	Sukuriamas naudotojo paskyra sistemoje
Pagrindinis scenarijus	Naudotojas spaudžia registracijos mygtuką. Užpildo formą ir spaudžia patvirtinimo mygtuką
Alternatyvus scenarijai	Parodomas klaidos pranešimas, jeigu nepavyko duomenys buvo neteisingi

6 lentelėje pateikiamas peržiūrėti 3D modelių įrašus PA.

**6 lentelė. PA – peržiūrėti 3D modelių įrašus**

Tikslas	Peržiūrėti resursų įrašus matomus naudotojui sistemoje
Aktoriai	Neprisijungęs naudotojas arba Mokytojas arba Studentas
Ryšiai su kitais PA	Nėra
Nefunkciniai reikalavimai	Įrašų užkrovimas neturėtų trukti ilgiau nei 25 s.
Prieš-sąlygos	Naudotojas turi būti atsidaręs programą
Sužadavimo sąlyga	Naudotojas spaudžia visų įrašų peržiūrėjimo mygtuką
Po-sąlyga	Sukuriamas naudotojo paskyra sistemoje

Pagrindinis scenarijus	Naudotojas spaudžia registracijos mygtuką. Užpildo formą ir spaudžia patvirtinimo mygtuką
Alternatyvus scenarijai	Parodomas klaidos pranešimas, jeigu nepavyko duomenys buvo neteisingi

7 lentelėje pateikiamas peržiūrėti 3D modelį papildytoje realybėje PA.

**7 lentelė.** PA –peržiūrėti 3D modelį papildytoje realybėje

Tikslas	Peržiūrėti 3D modelį papildytoje realybėje
Aktoriai	Neprisijungęs naudotojas arba Mokytojas arba Studentas
Ryšiai su kitais PA	Nėra
Nefunkciniai reikalavimai	3D modelio užkrovimas neturi trukti ilgiau nei 2 min.
Prieš-sąlygos	Naudotojas turi būti atsidaręs 3D modelio įrašą
Sužadinimo sąlyga	Naudotojas spaudžia peržiūros papildytoje realybėje mygtuką
Po-sąlyga	Parodomas 3D modelis papildytoje realybėje
Pagrindinis scenarijus	Naudotojas spaudžia peržiūros papildytoje realybėje mygtuką. Įjungiamą kamera. Parodomas modelis papildytoje realybėje
Alternatyvus scenarijai	Parodomas klaidos pranešimas, jeigu nepavyko atvaizduoti modelio

8 lentelėje pateikiamas filtruoti įrašus PA.

**8 lentelė.** PA –filtruoti įrašus

Tikslas	Atfiltruoti 3D modelių įrašus pagal tekstą
Aktoriai	Neprisijungęs naudotojas arba Mokytojas arba Studentas
Ryšiai su kitais PA	Peržiūrėti 3D modelių įrašus
Nefunkciniai reikalavimai	Filtravimas neturi užtrukti ilgiau nei 2 min.
Prieš-sąlygos	Naudotojas turi būti atsidaręs 3D modelių įrašų peržiūros langą
Sužadinimo sąlyga	Naudotojas įveda tekstą filtre
Po-sąlyga	Parodomi atfiltruoti 3D modelių įrašai
Pagrindinis scenarijus	Naudotojas įveda tekstą pagal kurį nori atfiltruoti įrašus. Rodomi atfiltruoti įrašai
Alternatyvus scenarijai	Parodomas pranešimas, jeigu nerasta įrašų pagal filtrą

9 lentelėje pateikiamas sukurti naują įrašą PA.

**9 lentelė.** PA – sukurti naują įrašą

Tikslas	Sukurti naują įrašą
Aktoriai	Mokytojas arba Studentas
Ryšiai su kitais PA	Peržiūrėti 3D modelių įrašus
Nefunkciniai reikalavimai	Nėra
Prieš-sąlygos	Naudotojas turi būti atsidaręs 3D modelių įrašų peržiūros langą
Sužadinimo sąlyga	Naudotojas spaudžia mygtuką „Sukurti įrašą“
Po-sąlyga	Sukuriamas naujas 3D modelių įrašas
Pagrindinis scenarijus	Naudotojas spaudžia „Sukurti įrašą“. Užpildo duomenis. Spaudžia sukūrimo mygtuką.
Alternatyvus scenarijai	Parodomas klaidos pranešimas.

10 lentelėje pateikiamas peržiūrėti 3D modelį PA.

**10 lentelė.** PA –peržiūrėti 3D modelį

Tikslas	Peržiūrėti 3D modelį
Aktoriai	Neprijungęs naudotojas arba prisijungęs naudotojas, arba administratorius
Ryšiai su kitais PA	Peržiūrėti 3D modelių įrašus
Nefunkciniai reikalavimai	Modelio atvaizdavimas neturi užtrukti ilgiau negu 2 min.
Prieš-sąlygos	Naudotojas turi būti atsidaręs 3D modelių įrašų peržiūros langą
Sužadinimo sąlyga	Naudotojas spaudžia mygtuką „Peržiūrėti 3D modelį“
Po-sąlyga	Parodomas 3D modelis peržiūrai.
Pagrindinis scenarijus	Naudotojas spaudžia „Peržiūrėti 3D modelį“. Parodomas 3D modelis.
Alternatyvus scenarijai	Parodomas klaidos pranešimas.

11 lentelėje pateikiamas keisti 3D modelio dydį PA.

**11 lentelė.** PA – keisti 3D modelio dydį

Tikslas	Keisti 3D modelio dydį papildytoje realybėje
Aktoriai	Neprijungęs naudotojas arba Mokytojas arba Studentas
Ryšiai su kitais PA	Peržiūrėti 3D modelį papildytoje realybėje
Nefunkciniai reikalavimai	Nėra
Prieš-sąlygos	Naudotojas turi būti atsidaręs 3D modelį peržiūrai papildytoje realybėje.
Sužadinimo sąlyga	Naudotojas liečiamojo ekrano pagalba bando padidinti/sumažinti modelį.
Po-sąlyga	Pakeičiamas 3D modelio dydis.
Pagrindinis scenarijus	Naudotojas spaudžia sumažinimo/padidinimo mygtukus. Pakeičiamas 3D modelio dydis.
Alternatyvus scenarijai	Parodomas klaidos pranešimas.

12 lentelėje pateikiamas peržiūrėti apklausas PA.

**12 lentelė.** PA – peržiūrėti apklausas

Tikslas	Peržiūrėti apklausų įrašus
Aktoriai	Mokytojas arba Studentas
Ryšiai su kitais PA	Nėra
Nefunkciniai reikalavimai	Nėra
Prieš-sąlygos	Nėra
Sužadinimo sąlyga	Naudotojas spaudžia „Peržiūrėti apklausas“ mygtuką
Po-sąlyga	Parodomas apklausų sąrašas
Pagrindinis scenarijus	Naudotojas spaudžia „Peržiūrėti apklausas“ mygtuką. Parodomas sąrašas apklausų
Alternatyvus scenarijai	Parodomas klaidos pranešimas.

13 lentelėje pateikiamas atsakyti į apklausą PA.

**13 lentelė.** PA – atsakyti į apklausą

Tikslas	Atsakyti į apklausos klausimus
---------	--------------------------------

Aktoriai	Studentas
Ryšiai su kitais PA	Peržiūrėti apklausas
Nefunkciniai reikalavimai	Nėra
Prieš-sąlygos	Naudotojas turi būti atsidaręs apklausų įrašų peržiūros langą
Sužadinimo sąlyga	Naudotojas spaudžia „Atsakyti į apklausą“ mygtuką
Po-sąlyga	Atsakoma į apklausos klausimus
Pagrindinis scenarijus	Naudotojas spaudžia „Atsakyti į apklausą“ mygtuką. Parodomas slaptažodžio įvedimo dialogas. Įvedamas slaptažodis. Patvirtinama. Parodomi klausimai. Užpildomi duomenys. Patvirtinama.
Alternatyvus scenarijai	Parodomas klaidos pranešimas.

14 lentelėje pateikiamas atsakyti į apklausą papildytoje realybėje PA.

**14 lentelė.** PA – atsakyti į apklausą papildytoje realybėje

Tikslas	Atsakyti į apklausos klausimus
Aktoriai	Studentas
Ryšiai su kitais PA	Peržiūrėti apklausas
Nefunkciniai reikalavimai	Nėra
Prieš-sąlygos	Naudotojas turi būti atsidaręs apklausų įrašų peržiūros langą
Sužadinimo sąlyga	Naudotojas spaudžia „Atsakyti į apklausą papildytoje realybėje“ mygtuką
Po-sąlyga	Atsakoma į apklausos klausimus
Pagrindinis scenarijus	Naudotojas spaudžia „Atsakyti į apklausą“ mygtuką. Parodomas slaptažodžio įvedimo dialogas. Įvedamas slaptažodis. Patvirtinama. Įjungiamas Papildytosios realybės sąsaja. Rodomi 3D modeliai ir klausimai. Užpildomi duomenys. Patvirtinama.
Alternatyvus scenarijai	Parodomas klaidos pranešimas.

15 lentelėje pateikiamas sukurti apklausą PA.

**15 lentelė.** PA – sukurti apklausą

Tikslas	Sukurti naują apklausą
Aktoriai	Mokytojas
Ryšiai su kitais PA	Peržiūrėti apklausas
Nefunkciniai reikalavimai	Nėra
Prieš-sąlygos	Naudotojas turi būti atsidaręs apklausų įrašų peržiūros langą
Sužadinimo sąlyga	Naudotojas spaudžia „Sukurti apklausą“ mygtuką
Po-sąlyga	Sukuriamas apklausa
Pagrindinis scenarijus	Naudotojas spaudžia „Sukurti apklausą“ mygtuką. Užpildomi duomenys. Patvirtinama.
Alternatyvus scenarijai	Parodomas klaidos pranešimas.

16 lentelėje pateikiamas peržiūrėti apklausą PA.

**16 lentelė.** PA – peržiūrėti apklausą

Tikslas	Peržiūrėti apklausą
---------	---------------------

Aktoriai	Mokytojas
Ryšiai su kitais PA	Peržiūrėti apklausas
Nefunkciniai reikalavimai	Nėra
Prieš-sąlygos	Naudotojas turi būti atsidaręs apklausų įrašų peržiūros langą
Sužadinimo sąlyga	Naudotojas spaudžia „Peržiūrėti apklausą“ mygtuką
Po-sąlyga	Parodomi apklausos duomenys
Pagrindinis scenarijus	Naudotojas spaudžia „Peržiūrėti apklausą“ mygtuką. Parodomi apklausos duomenys.
Alternatyvus scenarijai	Parodomas klaidos pranešimas.

17 lentelėje pateikiamas peržiūrėti vertinimus PA.

**17 lentelė.** PA – peržiūrėti vertinimus

Tikslas	Peržiūrėti vertinimus
Aktoriai	Studentas
Ryšiai su kitais PA	Peržiūrėti apklausas
Nefunkciniai reikalavimai	Nėra
Prieš-sąlygos	Naudotojas turi būti atsidaręs apklausų įrašų peržiūros langą
Sužadinimo sąlyga	Naudotojas spaudžia „Peržiūrėti vertinimus“ mygtuką
Po-sąlyga	Parodomi apklausos klausimų vertinimai
Pagrindinis scenarijus	Naudotojas spaudžia „Peržiūrėti vertinimus“ mygtuką. Parodomi apklausos klausimų vertinimai.
Alternatyvus scenarijai	Parodomas klaidos pranešimas.

18 lentelėje pateikiamas vertinti atsakymus PA.

**18 lentelė.** PA – vertinti atsakymus

Tikslas	Vertinti atsakymus
Aktoriai	Mokytojas
Ryšiai su kitais PA	Peržiūrėti apklausą
Nefunkciniai reikalavimai	Nėra
Prieš-sąlygos	Naudotojas turi būti atsidaręs apklausos įrašo peržiūros langą
Sužadinimo sąlyga	Naudotojas spaudžia „Žymėti kaip teisingą“/“Žymėti kaip neteisingą“ mygtuką prie atsakymo
Po-sąlyga	Įvertinami atsakymai
Pagrindinis scenarijus	Naudotojas spaudžia „Žymėti kaip teisingą“/“Žymėti kaip neteisingą“ mygtuką prie atsakymo. Atsakymai pažymimi kaip įvertinti.
Alternatyvus scenarijai	Parodomas klaidos pranešimas.

19 lentelėje pateikiamas redaguoti apklausą PA.

**19 lentelė.** PA – redaguoti apklausą

Tikslas	Redaguoti apklausą
Aktoriai	Mokytojas
Ryšiai su kitais PA	Peržiūrėti apklausą

Nefunkciniai reikalavimai	Nėra
Prieš-sąlygos	Naudotojas turi būti atsidaręs apklausos įrašo peržiūros langą
Sužadavimo sąlyga	Naudotojas atnaujinama duomenis ir spaudžia patvirtinimo mygtuką.
Po-sąlyga	Atnaujinami apklausos duomenys
Pagrindinis scenarijus	Naudotojas atnaujinama duomenis ir spaudžia patvirtinimo mygtuką.
Alternatyvus scenarijai	Parodomas klaidos pranešimas.

20 lentelėje pateikiamas inicijuoti apklausą PA.

#### 20 lentelė. PA – inicijuoti apklausą

Tikslas	Inicijuoti apklausą
Aktoriai	Mokytojas
Ryšiai su kitais PA	Peržiūrėti apklausą
Nefunkciniai reikalavimai	Nėra
Prieš-sąlygos	Naudotojas turi būti atsidaręs apklausos įrašo peržiūros langą
Sužadavimo sąlyga	Naudotojas spaudžia „Inicijuoti“ mygtuką.
Po-sąlyga	Leidžiama atsakyti į apklausą
Pagrindinis scenarijus	Naudotojas spaudžia „Inicijuoti“ mygtuką. Parodomas pranešimas apie sėkmingai įvykdytą veiksmą
Alternatyvus scenarijai	Parodomas klaidos pranešimas.

#### 3.1.11. Nefunkciniai reikalavimai

Sistemai taikomi šie nefunkciniai reikalavimai:

- išmokti sistema naudotis vidutinišką IT patirtį turinčiam naudotojui neturėtų užtrukti ilgiau negu 30 minučių;
- 3D modelio įkėlimas į PR vidutiniškai neturėtų užtrukti ilgiau negu 10 minučių;
- aplikacija turi veikti ir aplinkoje su prastu apšvietimu;
- naudotojai turi turėti galimybę pasiekti tik tuose resursus prie kurių turi prieigą.

#### 3.1.12. Architektūros specifikacija

Šis skyrius skirtas aprašyti magistrinio darbui kuriamos sistemos architektūrą, parodyti sistemos statinį, dinaminį vaizdus, kurie pademonstruos architektūrinius sprendimus, kurie buvo priimti planuojant sistemą.

Skyriaus naudotojai: sistemos kūrėjas, darbo vadovas ir kiti. Skyriuje pateikta medžiaga leis susipažinti su sistemos architektūra.

#### 3.1.13. Architektūros pateikimas

Architektūros iliustravimui bus naudojamas UML kalba bei grafinio atvaizdavimo programos MagicDraw.

UML diagramos iliustruoja sistemos vaizdus (views). Vaizdai yra šie:

1. Panaudojimo atvejų vaizdas – panaudojimo atvejų diagrama
2. Loginis vaizdas – klasių diagramos, sistemos išskaidymas į paketus

3. Procesų vaizdas – veiklų, sekų diagramos
4. Išdėstymo vaizdas – išdėstymo diagrama

#### **3.1.14. Architektūros tikslai ir apribojimai**

Sistemai kurti bus naudojami šie COTS produktai:

- Ionic – realizuoti hibridinei Android/naršyklės programai.
- Android Studio – testuoti Android programai.
- Eclipse ir Visual Studio Code – šios IDE bus naudojamos atlikti pakeitimams naršyklės programoje ir programose bendraujančiose su duomenų baze.

Dalis sistemos funkcionalumo bus realizuota pasitelkiant jau egzistuojančiu „papildytosios realybės išteklių saugyklos“ sistemos kodu. Sistema prieinama adresu: <https://github.com/jonrib/SpringBoot-AR-resource-repository>

Portabilumas:

- Sistemą bus galima naudoti kaip naršyklės programą arba kaip Android programą.

Projektavimo ir įgyvendinimo strategija:

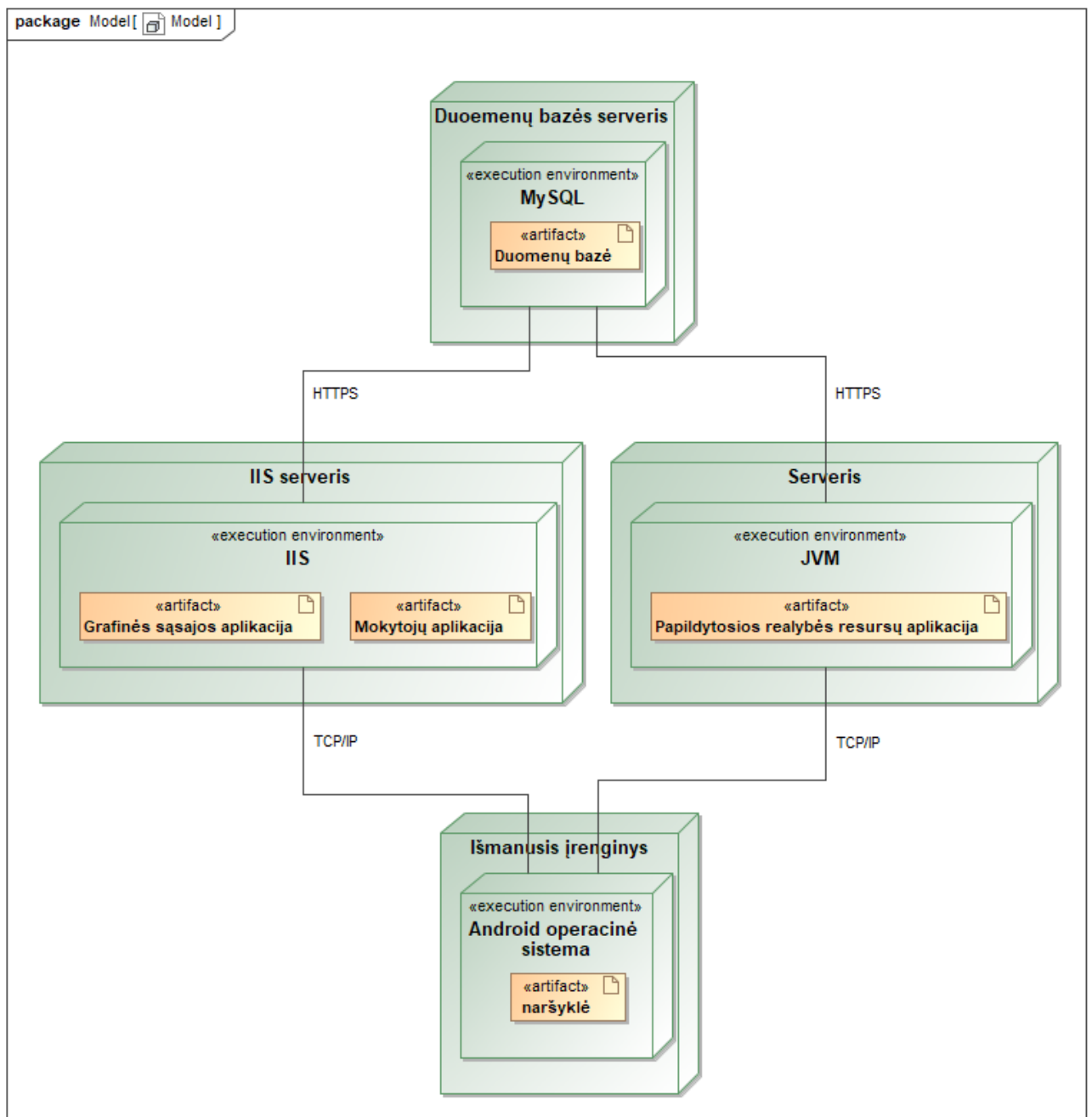
- Sistema projektuojama kuriant 3 skirtingas programas: Spring Boot programa, kuri komunikuos su duomenų baze. Naršyklės programa, kuri pateiks turinį naudotojui. .NET programa, kuri komunikuos su duomenų baze.

Projektavimo įrankiai:

- Projektuojant sistemą naudojama Magic Draw įrankis.

#### **3.1.15. Išdėstymo vaizdas**

10 paveiksliuke pateikiama sistemos išdėstymo diagrama. Diagramoje matome, kad sistema bus paleidžiama Android įrenginyje kaip naršyklės programa ir siųs HTTPS užklausas programoms, kurios komunikuos su MySQL duomenų baze.

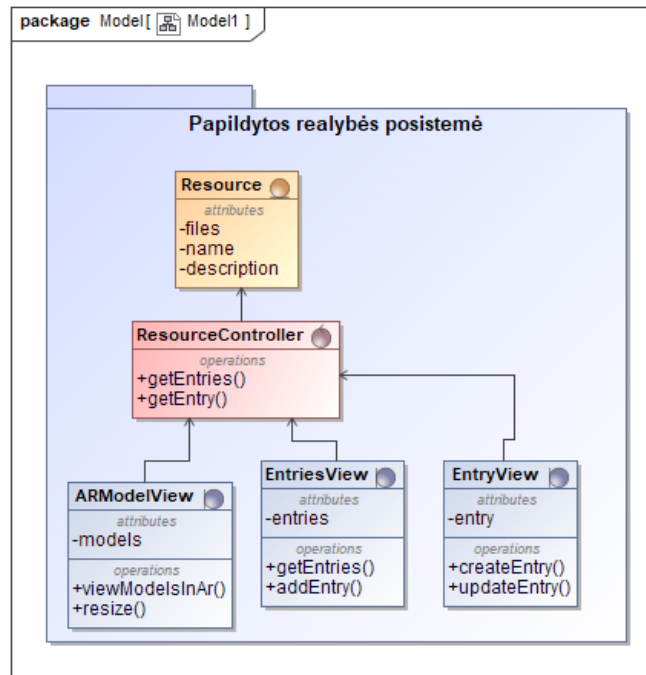


10 pav. Išdėstymo diagrama

### 3.1.16. Paketų detalizavimas

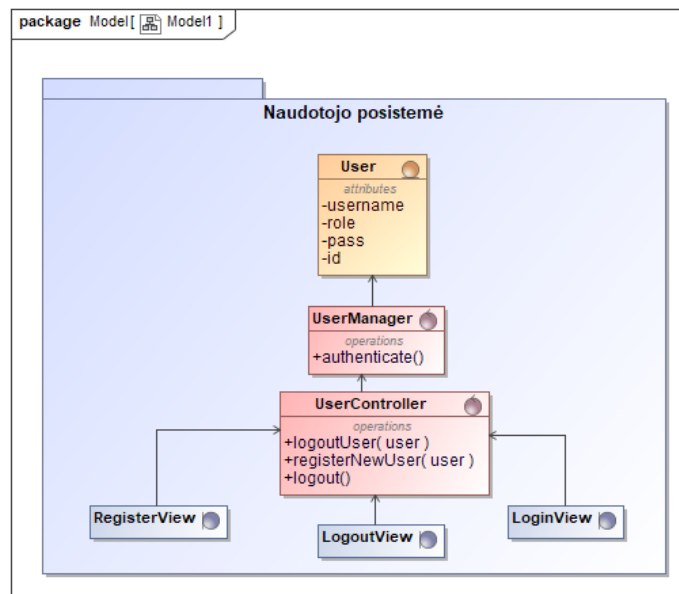
Toliau pateikiamas kiekvieno paketo trumpas aprašymas.





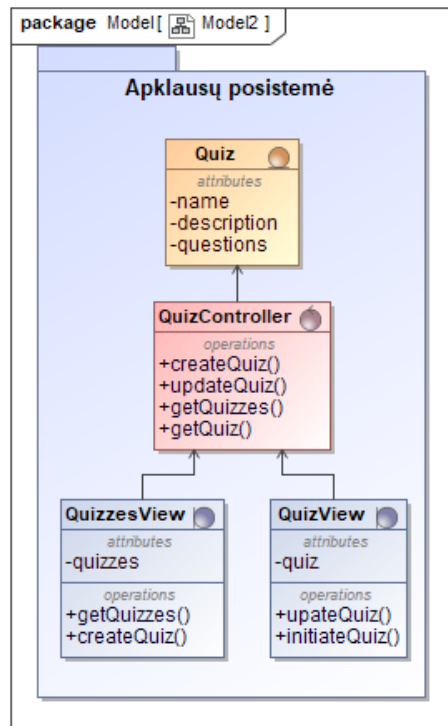
11 pav. Papildytosios realybės posistemė

11 paveiksluke pavaizduota papildytosios realybės posistemė skirta modelių rodymui ir manipuliavimui papildytoje realybėje taip pat modelių įrašų vaizdavimui ir veiksmų su jais apdorojimui.



12 pav. Naudotojo posistemė

12 paveiksluke pavaizduota naudotojo posistemė skirta naudotojo veiksmams, formoms apdoroti.

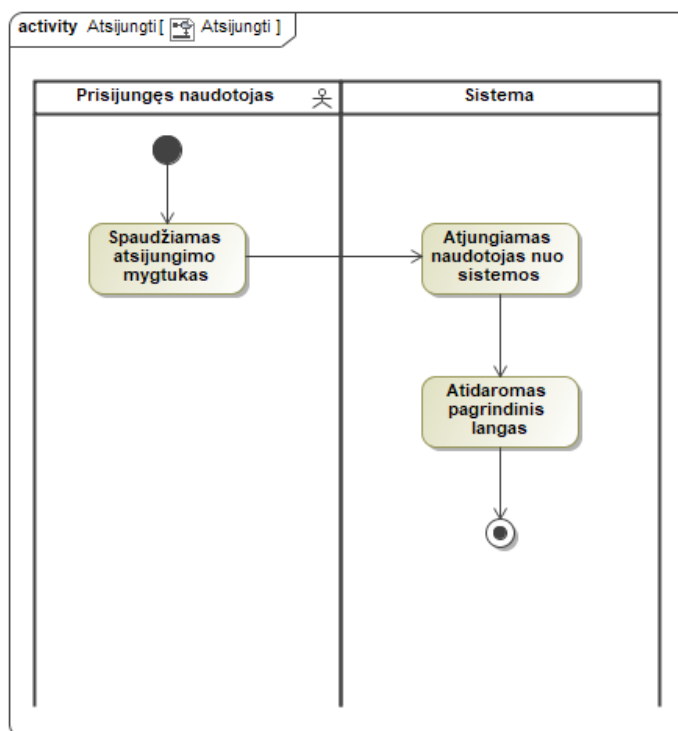


13 pav. Apklausų posistemė

13 paveiksliuke pavaizduota apklausų posistemė skirta apklausų įrašų vaizdavimui ir veiksmy su jomis apdorojimui.

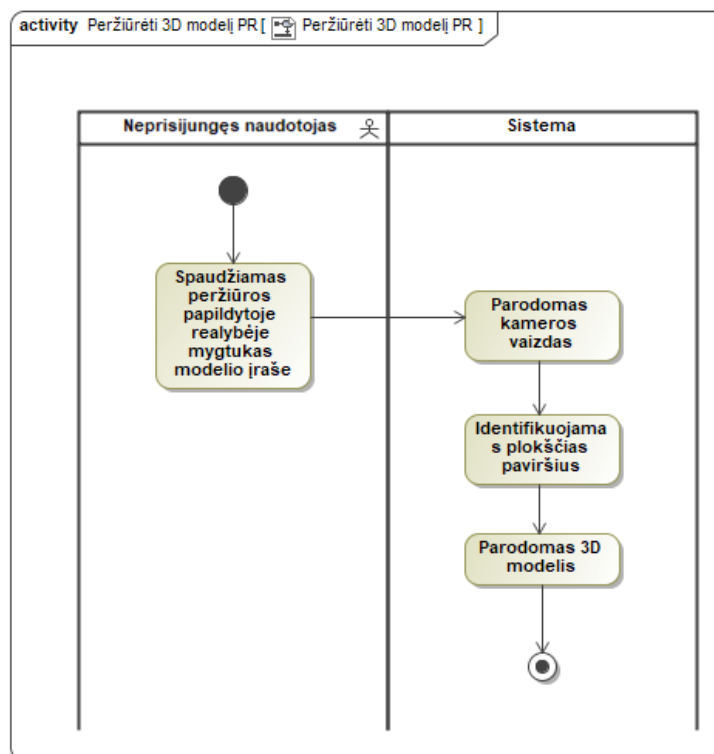
### 3.1.17. Sistemos dinaminis vaizdas

Toliau pateikiamos sistemos veiklos diagramos.



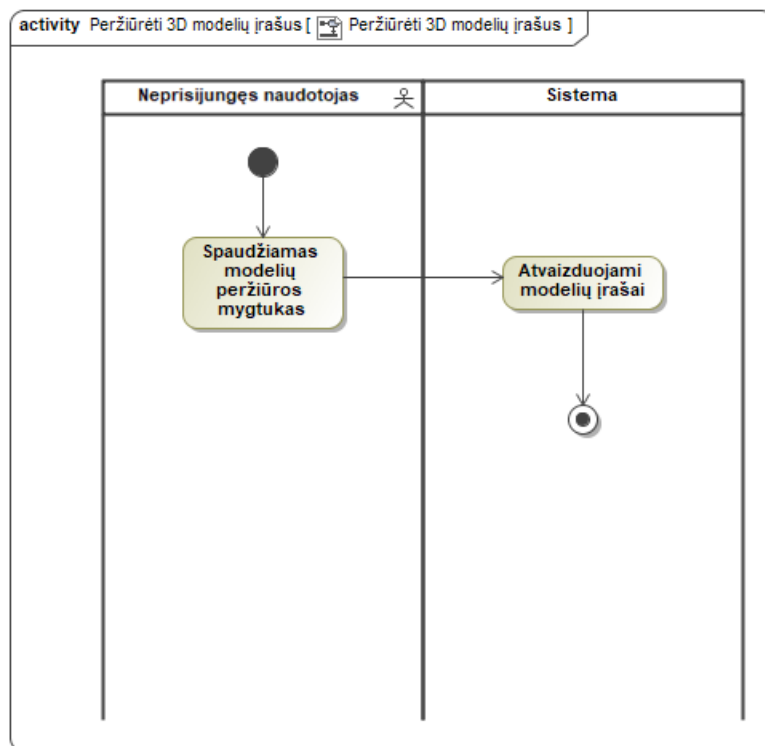
14 pav. PA atsijungti veiksmų eiliškumo diagrama

14 paveiksluke pateikta atsijungimo PA veiksmų eiliškumo diagrama, kuri pavaizduoja kokius veiksmus naudotojas ir kokia seka turi vykdyti norėdamas atsijungti.



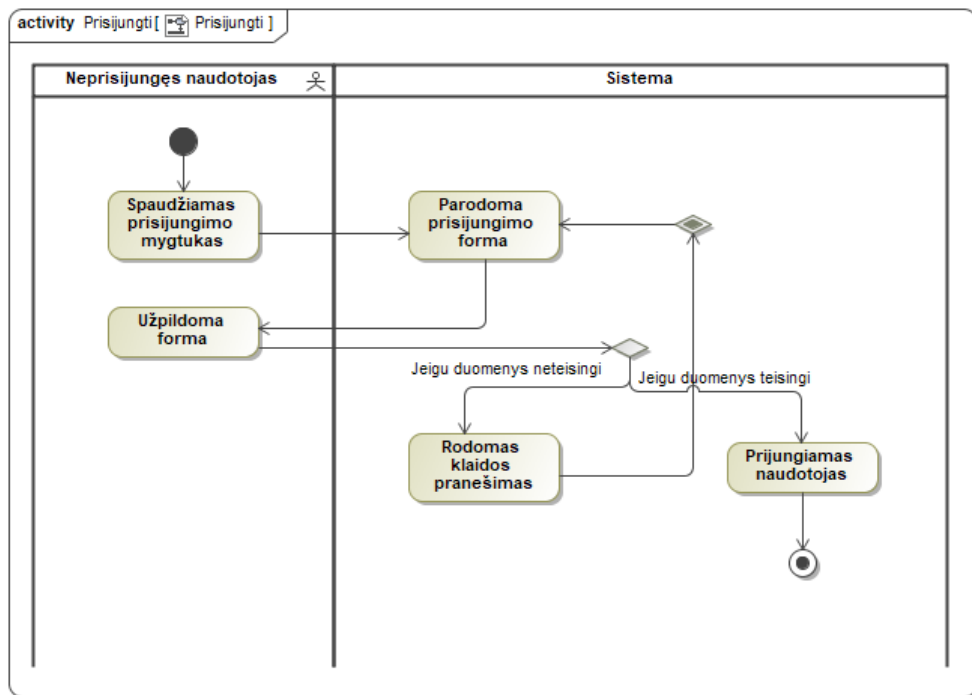
15 pav. PA peržiūrėti 3D modelius papildytoje realybėje veiksmų eiliškumo diagrama

15 paveiksluke pateikta 3D modelių peržiūrėjimo papildytoje realybėje PA veiksmų eiliškumo diagrama, kuri pavaizduoja kokius veiksmus naudotojas ir kokia seka turi vykdyti norėdamas peržiūrėti 3D modelius papildytoje realybėje.



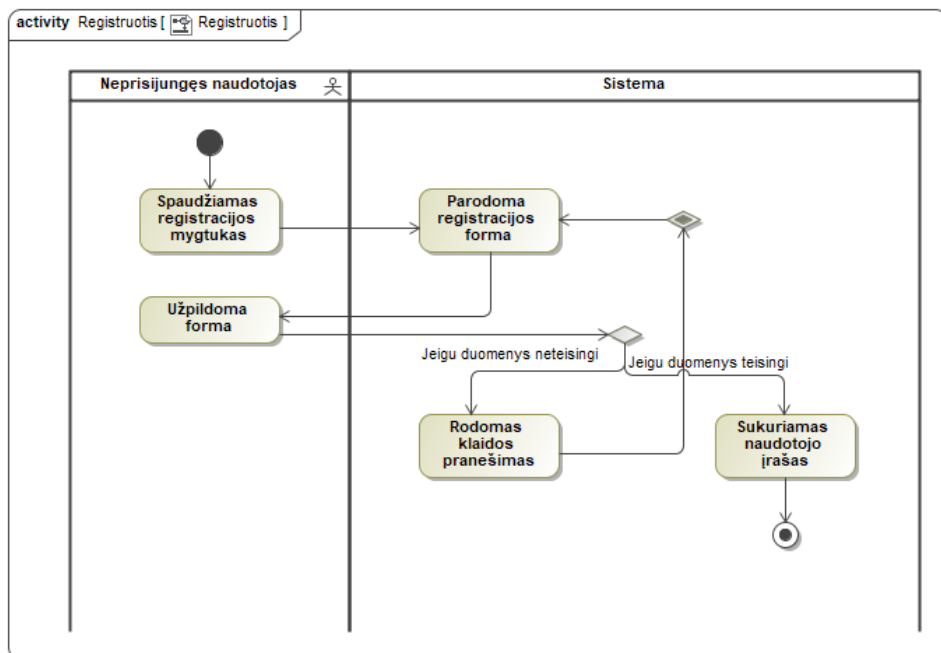
16 pav. PA peržiūrėti 3D modelių įrašus veiksmų eiliškumo diagrama

16 paveiksluke pateikta 3D modelių įrašų peržiūrėjimo PA veiksmų eiliškumo diagrama, kuri pavaizduoja kokius veiksmus naudotojas ir kokia seka turi vykdyti norėdamas peržiūrėti 3D modelių įrašus.



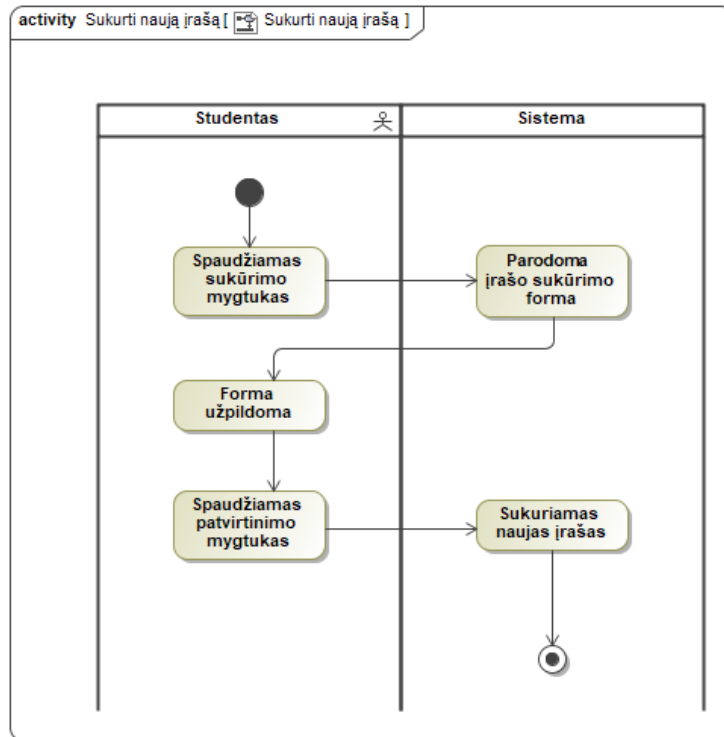
17 pav. PA prisijungti veiksmų eiliškumo diagrama

17 paveiksluke pateikta prisijungimo PA veiksmų eiliškumo diagrama, kuri pavaizduoja kokius veiksmus naudotojas ir kokia seka turi vykdyti norėdamas prisijungti.



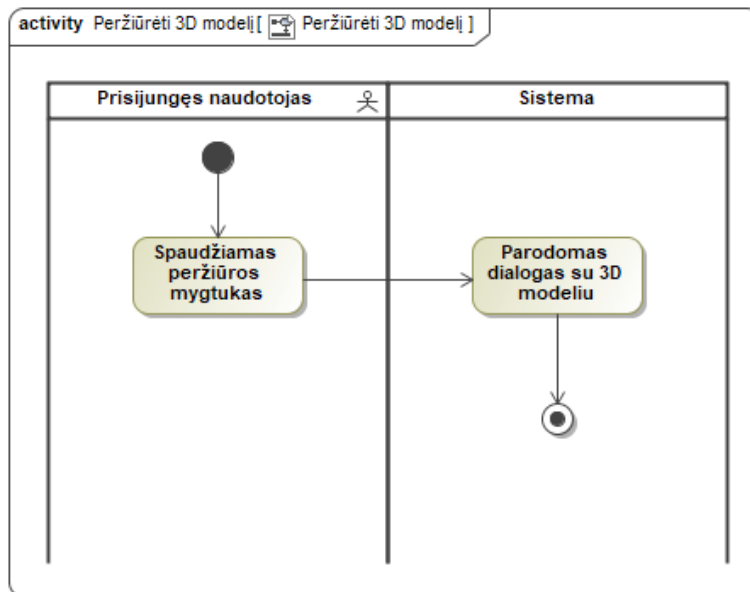
18 pav. PA registruotis veiksmų eiliškumo diagrama

18 paveiksliuke pateikta registracijos PA veiksmų eiliškumo diagrama, kuri pavaizduoja kokius veiksmus naudotojas ir kokia seka turi vykdyti norėdamas registruotis.



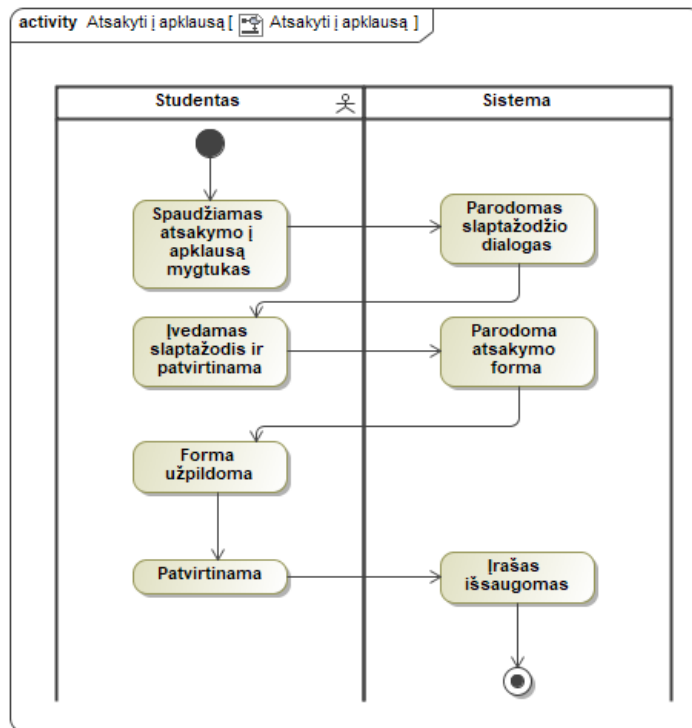
19 pav. PA sukurti naują įrašą

19 paveiksliuke pateikta sukurti naują įrašą PA veiksmų eiliškumo diagrama, kuri pavaizduoja kokius veiksmus naudotojas ir kokia seka turi vykdyti norėdamas sukurti naują įrašą.



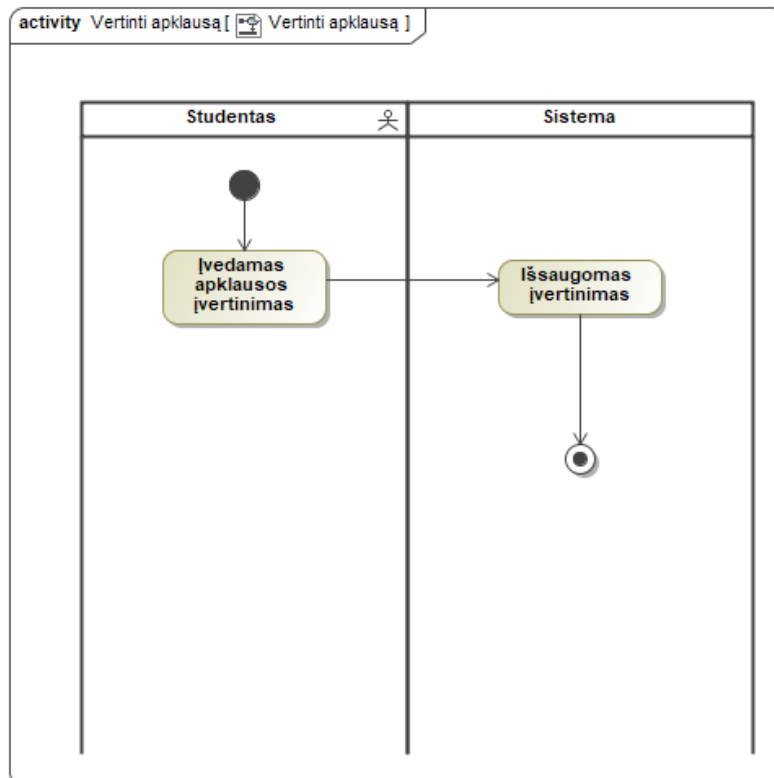
20 pav. PA peržiūrėti 3D modelį

20 paveiksliuke pateikta peržiūrėti 3D modelį PA veiksmų eiliškumo diagrama, kuri pavaizduoja kokius veiksmus naudotojas ir kokia seka turi vykdyti norėdamas peržiūrėti 3D modelį.



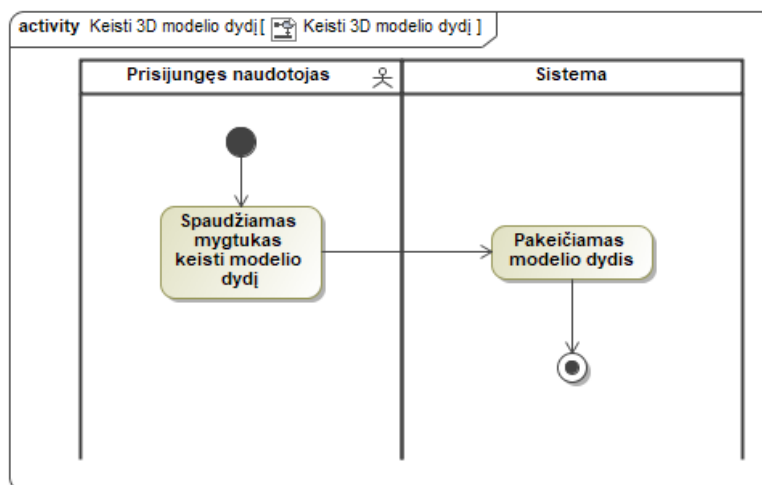
21 pav. PA atsakyti į apklausą

21 paveiksliuke pateikta atsakyti į apklausą PA veiksmų eiliškumo diagrama, kuri pavaizduoja kokius veiksmus naudotojas ir kokia seka turi vykdyti norėdamas atsakyti į apklausą.



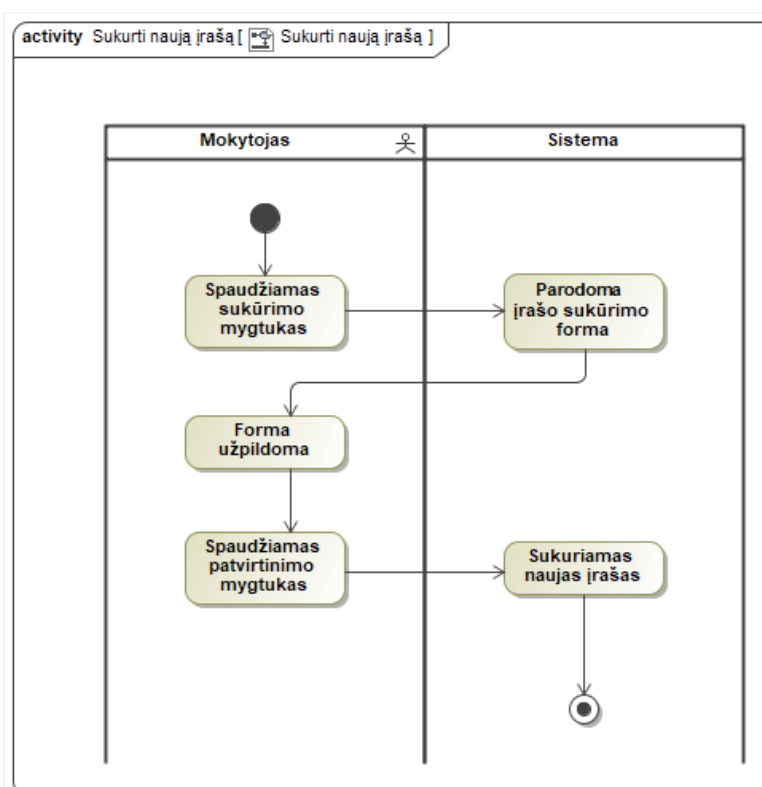
22 pav. PA įvertinti apklausą

22 paveiksluke pateikta įvertinti apklausą PA veiksmų eiliškumo diagrama, kuri pavaizduoja kokius veiksmus naudotojas ir kokia seka turi vykdyti norėdamas įvertinti apklausą.



23 pav. PA keisti 3D modelio dydį

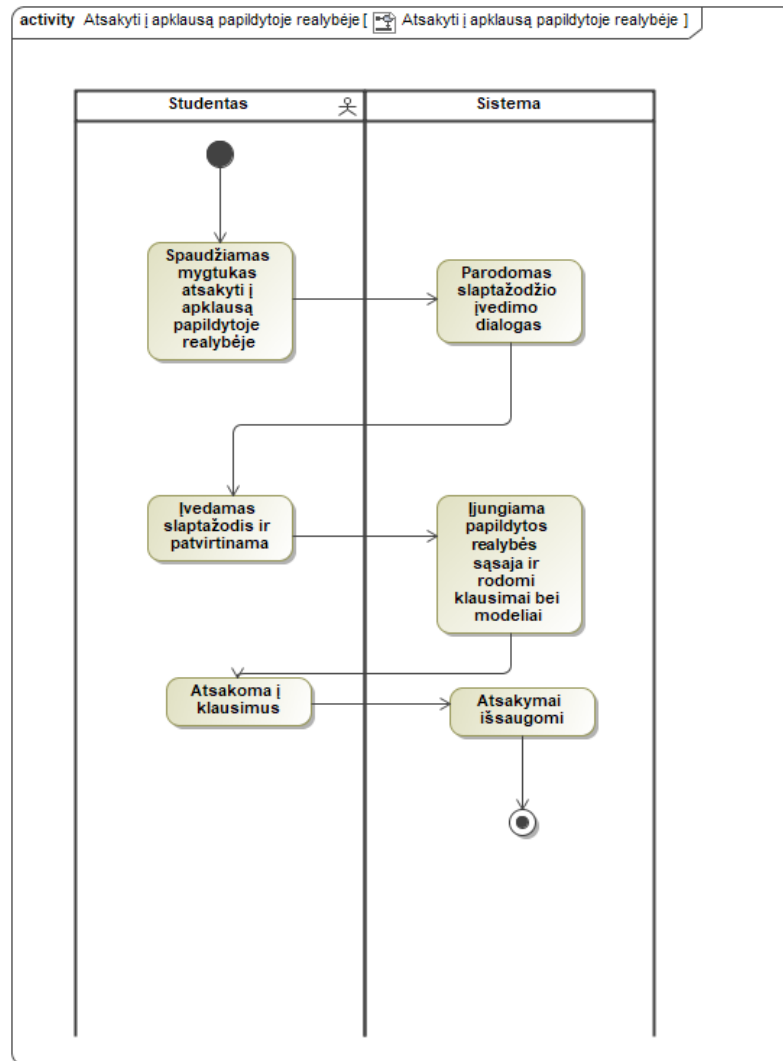
23 paveiksluke pateikta keisti 3D modelio dydį PA veiksmų eiliškumo diagrama, kuri pavaizduoja kokius veiksmus naudotojas ir kokia seka turi vykdyti norėdamas keisti 3D modelio dydį.



24 pav. PA sukurti apklausą

24 paveiksluke pateikta sukurti apklausą PA veiksmų eiliškumo diagrama, kuri pavaizduoja kokius veiksmus naudotojas ir kokia seka turi vykdyti norėdamas sukurti apklausą.



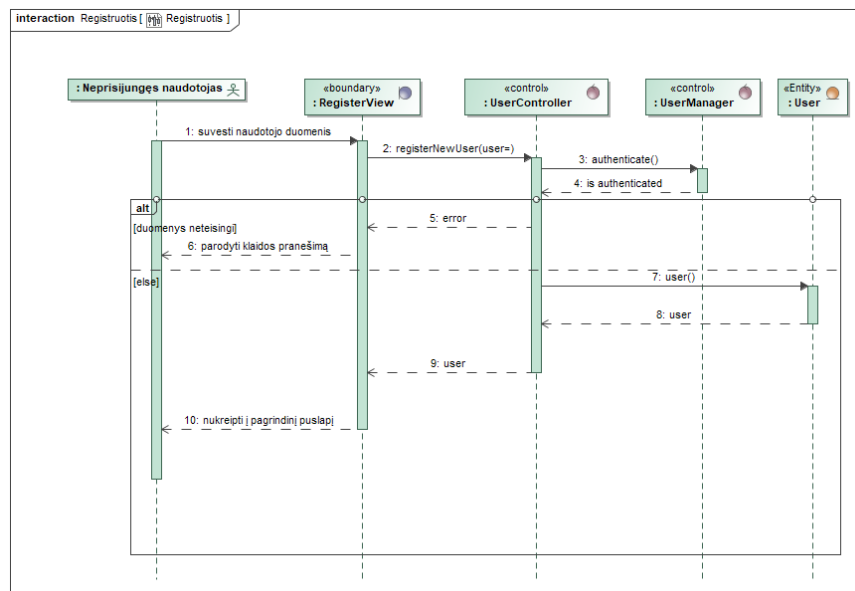


**25 pav.** PA – atsakyti į apklausą papildytoje realybėje

25 paveiksluke pateikta atsakyti į apklausą papildytoje realybėje PA veiksmų eiliškumo diagrama, kuri pavaizduoja kokius veiksmus naudotojas ir kokia seka turi vykdyti norėdamas atsakyti į apklausą papildytoje realybėje.

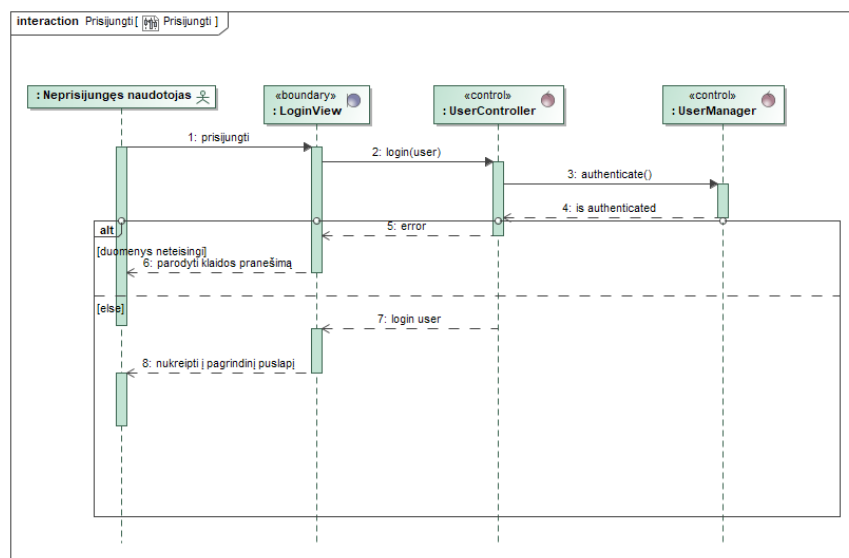
Kitos veiklos diagramos mažai skiriasi nuo šių, todėl nėra pavaizduotos.

Toliau pateikiamos sekų diagramos.



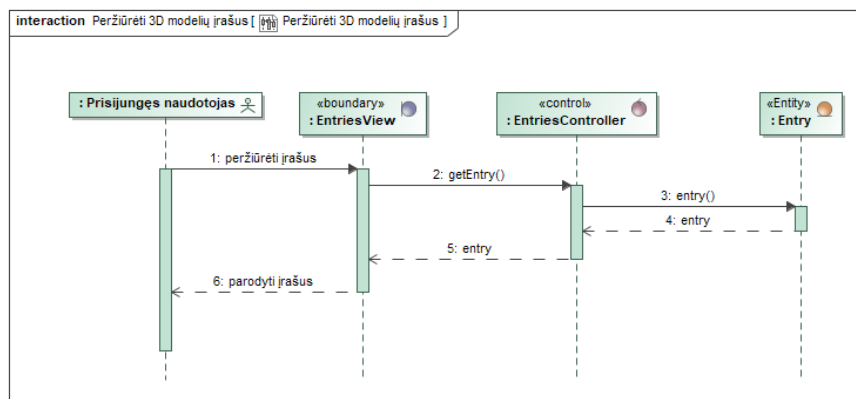
26 pav. Sekos diagrama registruotis

26 paveiksluke pavaizduota registracijos sekos diagrama, kurioje dalyvauja neprisijungęs naudotojas, registracijos rodinys, naudotojo valdiklis, naudotojų valdymo ir naudotojo objektai.



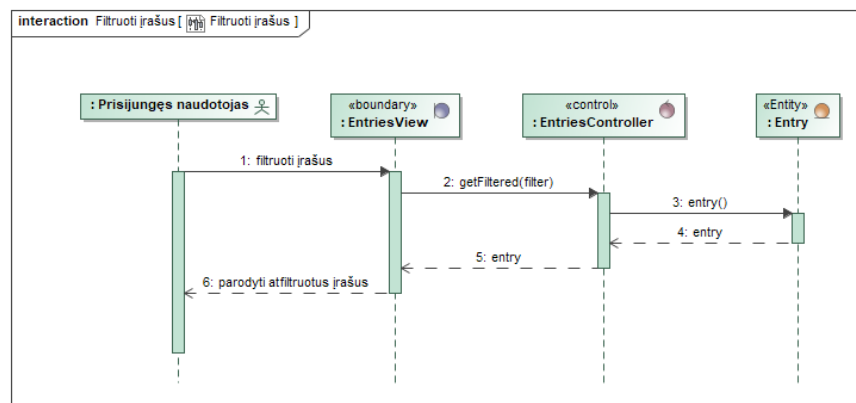
27 pav. Sekos diagrama prisijungti

27 paveiksluke pavaizduota prisijungimo sekos diagrama, kurioje dalyvauja neprisijungęs naudotojas, prisijungimo rodinys, naudotojo valdiklis ir naudotojų valdymo objektai.



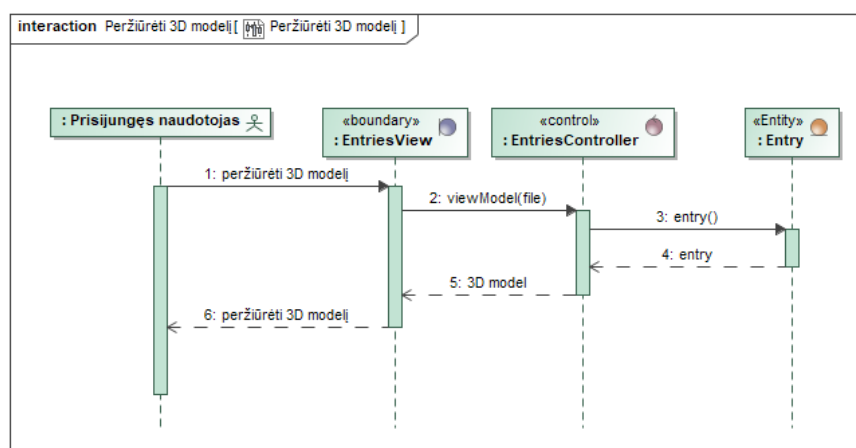
28 pav. Sekos diagrama peržiūrėti 3D modelių įrašus

28 paveiksliuke pavaizduota 3D modelių peržiūrėjimo sekos diagrama, kurioje dalyvauja prisijungęs naudotojas, įrašų rodinys, įrašų valdiklis, įrašų valdymo ir įrašų objektai.



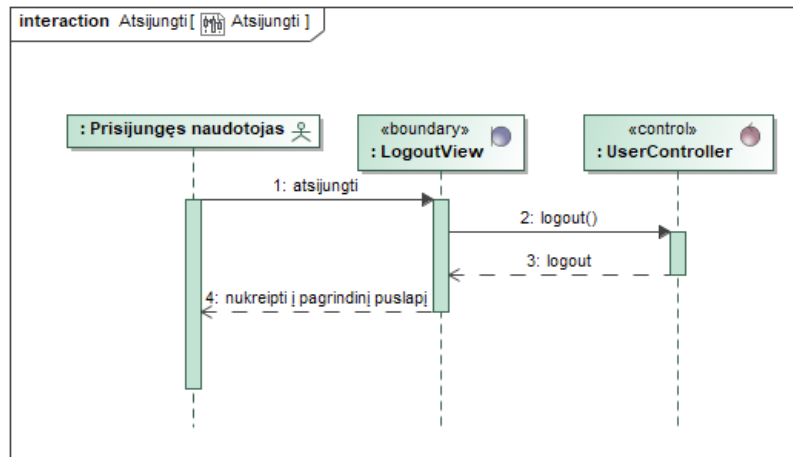
29 pav. Sekos diagrama filtruoti įrašus

29 paveiksliuke pavaizduota įrašų filtravimo sekos diagrama, kurioje dalyvauja prisijungęs naudotojas, įrašų rodinys, įrašų valdiklis ir įrašų objektai.



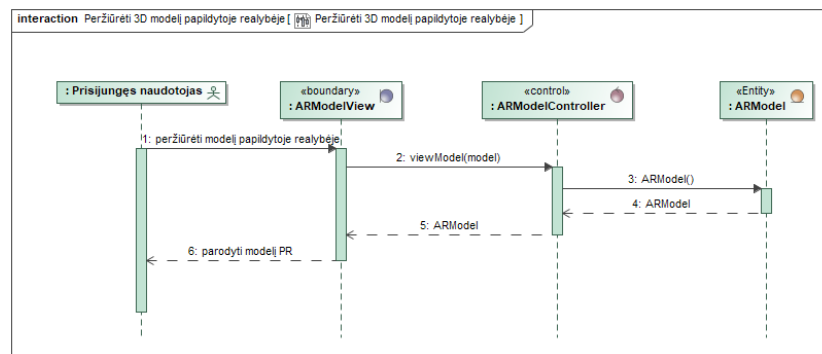
30 pav. Sekos diagrama peržiūrėti 3D modelį

30 paveiksliuke pavaizduota 3D modelio peržiūrėjimo sekos diagrama, kurioje dalyvauja prisijungęs naudotojas, įrašų rodinys, įrašų valdiklis ir įrašų objektai.



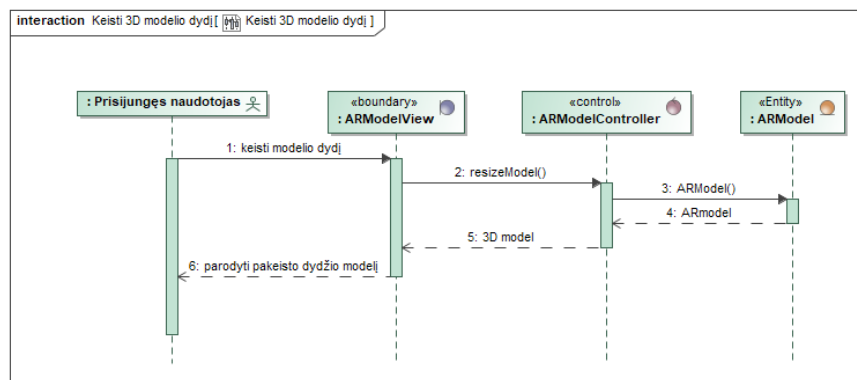
31 pav. Sekos diagrama atsijungti

31 paveiksluke pavaizduota atsijungimo sekos diagrama, kurioje dalyvauja prisijungęs naudotojas, atsijungimo rodinys ir naudotojų valdiklio objektas.



32 pav. Sekos diagrama peržiūrėti 3D modelį papildytoje realybėje

32 paveiksluke pavaizduota 3D modelio peržiūrėjimo papildytoje realybėje sekos diagrama, kurioje dalyvauja prisijungęs naudotojas, papildytosios realybės rodinys, papildytosios realybės valdiklis ir papildytosios realybės objektai.



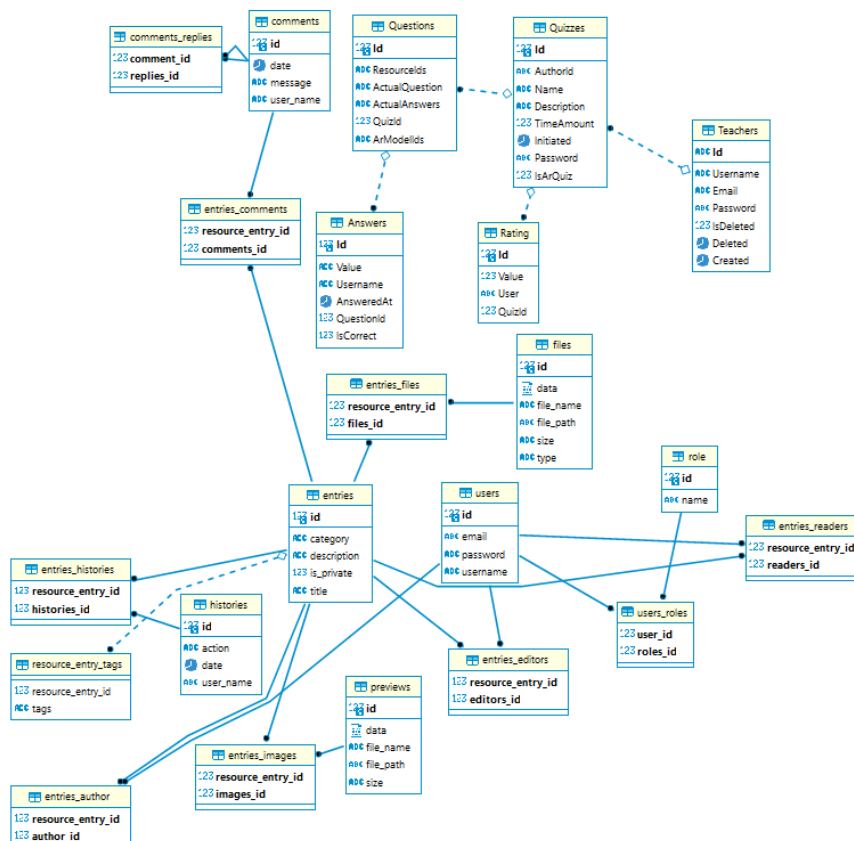
33 pav. Sekos diagrama keisti 3D modelio dydį

33 paveiksluke pavaizduota 3D modelio dydžio keitimo sekos diagrama, kurioje dalyvauja prisijungęs naudotojas, papildytosios realybės rodinys, papildytosios realybės valdiklis ir papildytosios realybės objektai.

Kitos sekų diagramos mažai skiriasi, todėl nėra pavaizduotos.

### 3.1.18. Duomenų vaizdas

34 paveiksluke pateikiama sistemos duomenų bazės schema.



34 pav. Duomenų bazės schema

Lentelės atsakingos už apklausų funkcionalumą:

- Questions
- Quizzes
- Rating
- Answers

Lentelės atsakingos už įrašus:

- entries\_files
- files
- entries\_images

Lentelės atsakingos už naudotojus:

- role
- users\_roles
- users

## **3.2. Testavimas**

Skyriuje aprašomas papildytosios realybės resursų peržiūros sistemos testavimo planas. Šią sistemą sudaro:

- Naršyklės programos grafinė sąsaja, kuri bus pasiekama ir išmaniuosiuose Android įrenginiuose
- Papildytosios realybės grafinė sąsaja – grafinė sąsaja, kurioje atvaizduojami papildytosios realybės objektai
- Aplikacijos – programos skirtos komunikuoti su duomenų baze

### **3.2.1. Testavimo tikslai ir objektai**

Žemiau pateikiamas testavimo tikslas:

- Testavimo tikslas – parodyti, jog sukurta papildytosios realybės resursų peržiūros sistema veikia korektiškai ir atitinka iškeltus funkcinis bei nefunkcinis reikalavimus.

Žemiau pateikiami testavimo objektai:

- Naršyklės programos grafinė sąsaja
- Papildytosios realybės grafinė sąsaja
- Aplikacijos komunikuojančios su duomenų baze

### **3.2.2. Testavimo apimtis ir tipai**

Žemiau pateikiami testavimo tipai, kurie bus atliekami ir jų apimtis:

- Aplikacijų vienetų ir integracinis testavimas
- Scenarijų testavimas naršyklės programos grafinei sąsajai
- Scenarijų testavimas papildytosios realybės grafinei sąsajai

### **3.2.3. Pagrindiniai apribojimai**

Žemiau aprašomos programų savybės, kuriuos nebus testuojamos:

- WebXR programavimo sąsajos standartinės funkcijos;
- papildytai realybei realizuoti naudojamos WebXR programavimo sąsajos funkcionalumas.

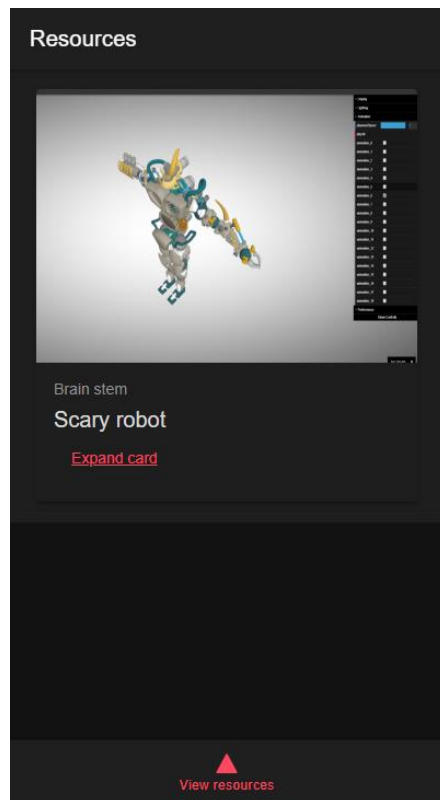
### **3.2.4. Testuojama programų sistema**

Testuojama programinė įranga skirta peržiūrėti papildytosios realybės resursus papildytoje realybėje. Sistema susideda iš:

- Aplikacijos, kuriuos komunikuoja su duomenų baze
- Grafinės sąsajos, kuri leidžia peržiūrėti resursų aprašymus, pavadinimus, prisijungti, pasirinkti resursus peržiūrai ir t.t.
- Papildytosios realybės grafinės sąsajos, kuri leidžia peržiūrėti 3D papildytoje realybėje

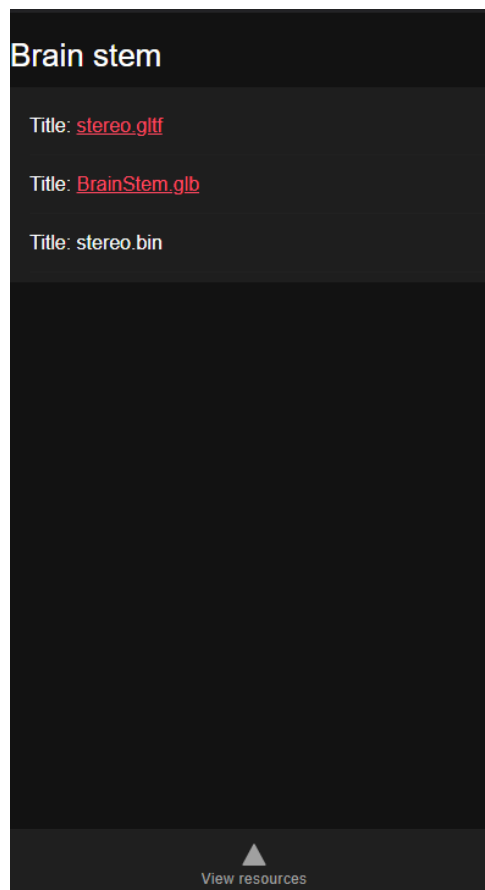
### **3.2.5. Testuojama vartotojo sąsaja**

Žemiau pateikiami pirminiai testuojamos vartotojo sąsajos vaizdai.



35 pav. Pagrindinis langas

35 paveiksluke matomas pagrindinis langas, kuriame pateikiamas resursų sąrašas.



### 36 pav. Modelio pasirinkimo langas

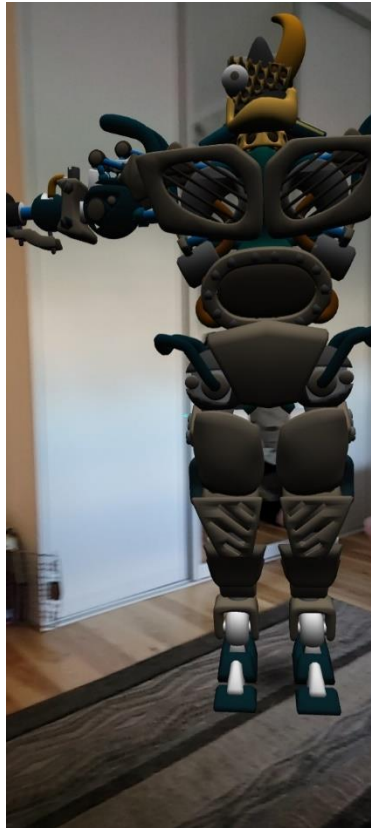
36 paveiksluke matomas vieno praskleisto resurso langas, kuriame pateikiamas failų, kurie bus pateikiami papildytoje realybėje, sąrašas.



### 37 pav. Papildytosios realybės paleidimo langas

37 paveiksluke matomas langas parodomas prieš įjungiant papildytosios realybės grafinę sąsają.





**38 pav.** Papildytosios realybės grafinė sąsaja

38 paveiksliuke matoma papildytosios realybės grafinė sąsaja su atvaizduotu 3D modeliu.

### **3.2.6. Vientų testavimo atvejai**

Vientų testai bus rašomi naujiems metodams, kurie reikalingi papildytosios realybės resursų peržiūros programai. 39 paveiksliuke matomas testo pavyzdys.

```

public class CommentServiceTests {
    private final CommentRepository commentRepository = Mockito.mock(CommentRepository.class);

    private CommentService commentService;

    @BeforeEach
    void initUseCase() { commentService = new CommentServiceImpl(commentRepository); }

    @Test
    void saveComment() {
        Comment comment = new Comment();
        comment.setDate(new Date());
        comment.setId(Long.parseLong("1"));
        comment.setMessage("");
        comment.setReplies(null);
        comment.setUserName("");
        Mockito.when(commentRepository.save(comment)).then(new Answer<Comment>() {
            @Override
            public Comment answer(InvocationOnMock invocation) throws Throwable {
                Object[] args = invocation.getArguments();
                return (Comment) args[0];
            }
        });
        Comment savedComment = (Comment) commentService.save(comment);
        assertEquals(savedComment, comment);
    }
}

```

39 pav. Vienetų testo pavyzdys

### 3.2.7. Integravimo testavimo vykdymas

Integraciniai testai bus rašomi naujiems metodams, kurie reikalingi papildytosios realybės resursų peržiūros programai. 40 paveiksluke matomas testo pavyzdys.

```

@Test
void testPreviewImages() throws Exception {
    Role role = new Role();
    role.setName("Admin");
    roleService.save(role);

    User admin = new User();
    admin.setEmail("");
    admin.setUsername("adminTEST4");
    admin.setPassword("adminTEST10123!@#$$$%");
    Set<Role> roles = new HashSet<>();
    roles.add(roleService.findByName("Admin"));
    admin.setRoles(roles);
    userService.save(admin);

    User notAdmin = new User();
    notAdmin.setEmail("");
    notAdmin.setUsername("test4");
    notAdmin.setPassword("test");
    userService.save(notAdmin);

    ResourceEntry simpleTest = new ResourceEntry();
    simpleTest.setAuthor(new HashSet<User>());
    simpleTest.setEditors(new HashSet<User>());
    simpleTest.setReaders(new HashSet<User>());
    simpleTest.getAuthor().add(admin);
    simpleTest = resourceEntryService.save(simpleTest);

    mockMvc.perform(org.springframework.test.web.servlet.request.MockMvcRequestBuilders.get(
        @Template("/resourceEntries/{id}/previewImages")
        .contentType("application/json")
    ))
    .andExpect(org.springframework.test.web.servlet.result.MockMvcResultMatchers.status().is(
        HttpStatus.OK));

    mockMvc.perform(org.springframework.test.web.servlet.request.MockMvcRequestBuilders.get(
        @Template("/resourceEntries/{simpleTest.getId()}/previewImages")
        .contentType("application/json")
    ))
    .andExpect(org.springframework.test.web.servlet.result.MockMvcResultMatchers.status().is(
        HttpStatus.OK));

    simpleTest.setPrivate(true);
}

```

40 pav. Integracinio testo pavyzdys

## **4. Eksperimentinė dalis**

Šiame skyriuje bus pateikiamas studijų metu sukurtos ir įdiegtos sistemos bei jos patobulinimų eksperimentinis tyrimas bei tyrimo rezultatai ir išvados.

### **4.1. Eksperimentiniai tyrimai**

Pasirinkta vykdyti šiuos eksperimentus:

- Kokybės tyrimas. Pasirinkta atlikti kokybės tyrimą, kad įvertinti sukurtos sistemos kokybę.
- Panaudojamumo tyrimas. Pasirinkta vykdyti apklausą, kad iširti sistemos panaudojamumą.
- Paviršiaus aptikimo greičio eksperimentas. Pasirinkta vykdyti šį eksperimentą, kad iširti vieną iš esminių papildytosios realybės aspektų – paviršiaus aptikimą.
- Padėties sekimo eksperimentas. Pasirinkta vykdyti šį eksperimentą, kad iširti vieną iš esminių papildytosios realybės aspektų – padėties sekimą.

### **4.2. Kokybės tyrimas**

Šiame poskyriuje pateikiama projekto kokybės vertinimo ataskaita. Nustatoma ar sukurta sistema

- atitinka reikalavimų specifikaciją
- ar išpildyti užsakovo lūkesčiai
- pateikiami kokybės vertinimo rezultatai, išvados

#### **4.2.1. Atlikto darbo kokybės analizės tikslai**

- Aptikti klaidas funkcionavime, logikoje, realizacijoje.

Aptikti klaidoms ir neatitikimams realizacijoje buvo pasinaudota testavimo rezultatais. Testavimo procedūros aprašytos testavimo skyriuje.

- Patikrinti ar programų sistema atitinka reikalavimų specifikaciją.

Sistemos atitikimas reikalavimų specifikacijai buvo patikrintas priėmimo testavimo metu, kuris aprašytas testavimo skyriuje.

- Įsitikinti, ar programų sistema sukurta pagal standartus.

Sistema buvo suskurta remiantis gerosiomis WEB bei papildytosios realybės programų kūrimo praktikomis. Specifiniu standartu nebuvo remtasi.

#### **4.2.2. Interviu su užsakovu**

Atlikus interviu su užsakovu buvo sukurtas sąrašas pageidaujamų pakeitimų:

- Galimybė mokytojams vertinti atsakymus
- Galimybė mokiniams matyti įvertinimus
- Galimybė mokiniams vertinti apklausas
- Naujas apklausos tipas, leidžiantis atsakyti į klausimus papildytoje realybėje
- UI pataisymai
- Integravimas su SCORM

#### **4.2.3. Peržiūrų aprašymas ir rolės**

21 lentelėje pateikiama lentelė su aprašytais sistemos peržiūromis.

**21 lentelė.** Peržiūrų aprašymas

Peržiūra	Aprašymas
Prototipo demonstravimai	Buvo atliekami virtualūs susitikimai su užsakovu. Demonstruojami sistemos prototipai ir dokumentuojami pastebėjimai bei pageidautini pakeitimai.
Pakeitimų peržiūra	Buvo atliekami virtualūs susitikimai su užsakovu, kurių metu įvertinami atlikti pakeitimai prototipams ir sprendžiama ar reikalingi papildomi pakeitimai.

22 lentelėje pateikiamos rolės ir atsakomybės.

#### 22 lentelė. Rolės

Rolė	Asmuo
Užsakovas	Projekto vadovas – Assoc. Prof. Dr. Tomas Blažauskas
Projektuotojas, testuotojas, programuotojas	Projekto vykdytojas – Jonas Ribikauskas

#### 4.2.4. Realizuotų pakeitimų sąrašas

Projekto vykdymo metu buvo atlikti šie pakeitimai:

- Nuspręsta realizuoti ne „Android“, o hibridinę programą naudojant „Ionic“ karkasą.
- Aprašyta ir realizuota galimybė mokytojams vertinti atsakymus
- Aprašyta ir realizuota galimybė mokiniams matyti įvertinimus
- Aprašyta ir realizuota galimybė mokiniams vertinti apklausas
- Aprašytas ir realizuotas naujas apklausos tipas, leidžiantis atsakyti į klausimus papildytoje realybėje
- Aprašyti ir realizuoti UI pataisymai
- Aprašytas ir realizuotas integravimas su SCORM

#### 4.2.5. Vertinimo rezultatai

Vertinant sistemą buvo išsikelti 23 lentelėje pateikti vertinimo kriterijai.

#### 23 lentelė. Sistemos vertinimo kriterijai

Kriterijus	Aprašymas
Saugumas	Ar naudotojai gali pasiekti tik tą turinį prie, kurio turi prieigą?
Išplėčiamumas	Kaip lengvai sistema papildoma nauju funkcionalumu?
UX	Ar sistema lengva naudotis?
Funkcionalumas	Sistemos siūlomų funkcijų gausa.
Atsparumas klaidoms	Ar sistema tinkamai reaguoja klaidos atveju?
Papildytosios realybės funkcionalumas	Ar papildytosios realybės funkcionalumas realizuotas korektiškai?

24 lentelėje aprašytas sistemos įvertinimas pagal pateiktus kriterijus:

#### 24 lentelė. Sistemos vertinimas

Kriterijus	Įvertinimas (nuo 1 iki 5)
Saugumas	4

Išplėčiamumas	5
UX	3
Funkcionalumas	3
Atsparumas klaidoms	3
Papildytosios realybės funkcionalumas	4

### 4.3. Panaudojamumo tyrimas

Tyrimui atlikti buvo sudaryta apklausa remiantis SUS („System Usability Scale“) metrikomis [19, 20]. Apklausoje buvo pateikti žemiau aprašyti teiginiai ir atsakantysis turėjo pasirinkti vertinimą kiekvienam teiginiui nuo 1 (visiškai nesutinku) iki 5 (visiškai sutinku):

1. Sistema sudėtinga naudotis
2. Sistema patogu naudotis
3. Galėčiau naudotis sistema tik su pagalba
4. Sistema suteikia pakankamai funkcijų
5. Sistemos grafinė sąsaja nepatraukli
6. Rekomenduočiau sistemą draugams
7. Naudodamasis sistema pastebėjau klaidų
8. Sistema man suteikia naudos
9. Sistema gali naudotis mokytojai, dėstytojai
10. Sistema negali atnešti naudos ją naudojant edukacijoje

Remiantis apklausos rezultatais buvo apskaičiuotas SUS įvertinimai ir jų vidurkis. Vieno žmogaus SUS įvertinimas buvo suskaičiuotas atliekant šiuos žingsnius:

1. atsakymai išreiškiami skaičiais nuo 1 (visiškai nesutinku) iki 5 (visiškai sutinku);
2. atsakymai į nelyginius teiginius sumažinti 1;
3. atsakymai į lyginius teiginius atimami iš 5;
4. gauta suma padauginama iš 2.5.

Šia apklausa siekiama objektyviai nustatyti sukurtos sistemos panaudojamumą.

Kiekvienas teiginys skirtas suprasti ar sistemos panaudojamumas yra geras. Paskutiniai 2 teiginiai skirti suprasti ar sistema tinkama naudoti edukacijoje.

#### 4.3.1. Apklausos atlikimo protokolas

Apklausa kartu su sukurta sistema ir sistemos diegimo proceso paaiškinimo filmuku buvo išsiųsta įvairiems asmenims.

Prieš atliekant apklausą buvo prašoma naudotojų pagal gautą filmuką įdiegti sistemą ir pabandyti atvaizduoti nurodytą modelį papildytoje realybėje.

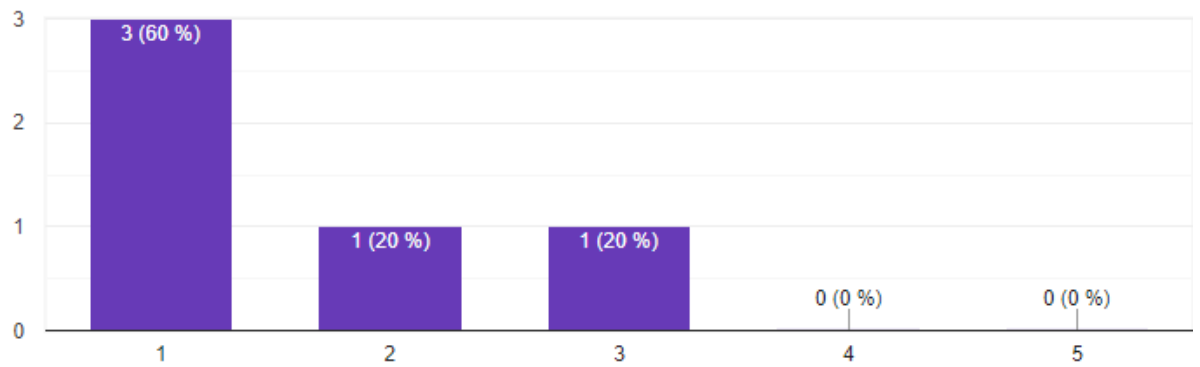
#### 4.3.2. Apklausos rezultatai

Apklausą iš viso atliko 5 asmenys. Toliau pateikiami surinkti apklausos atsakymai į kiekvieną klausimą.

### Sistema sudėtinga naudotis

 Kopijuoti

5 atsakymai



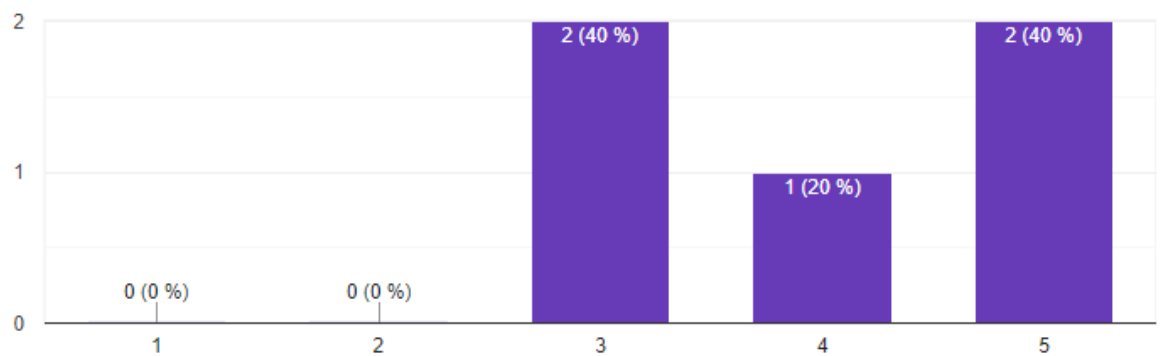
**41 pav.** Atsakymai į pirmą teiginį

41 paveiksliuke galima pamatyti, kad sistema nėra sudėtinga naudotis.

### Sistema patogiu naudotis

 Kopijuoti


5 atsakymai



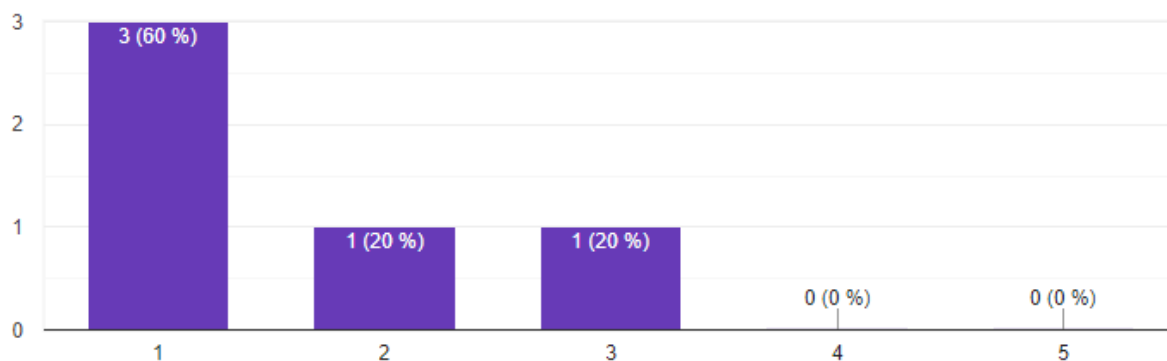
**42 pav.** Atsakymai į antrą klausimą

42 paveiksliuke galima matyti, kad sistema patogi.

Galėčiau naudotis sistema tik su pagalba

 Kopijuoti

5 atsakymai



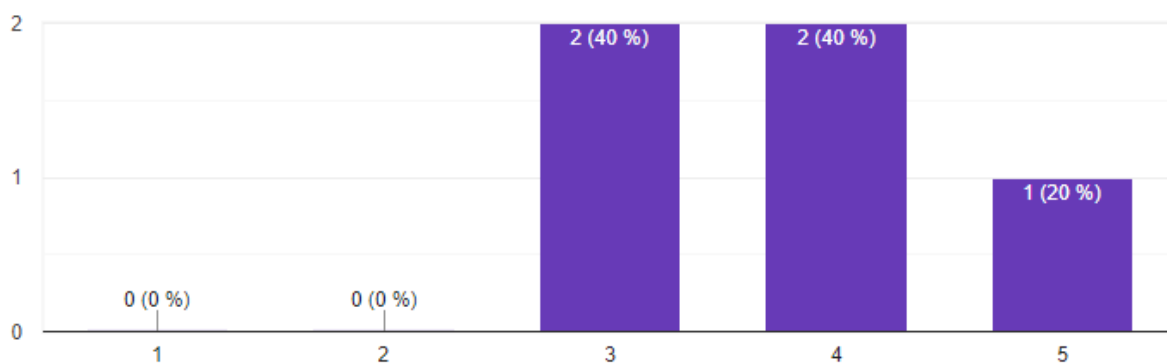
**43 pav.** Atsakymai į trečią klausimą

43 paveiksliuke matoma, kad naudotis sistema nereikalinga pagalba.

Sistema suteikia pakankamai funkcijų

 Kopijuoti


5 atsakymai



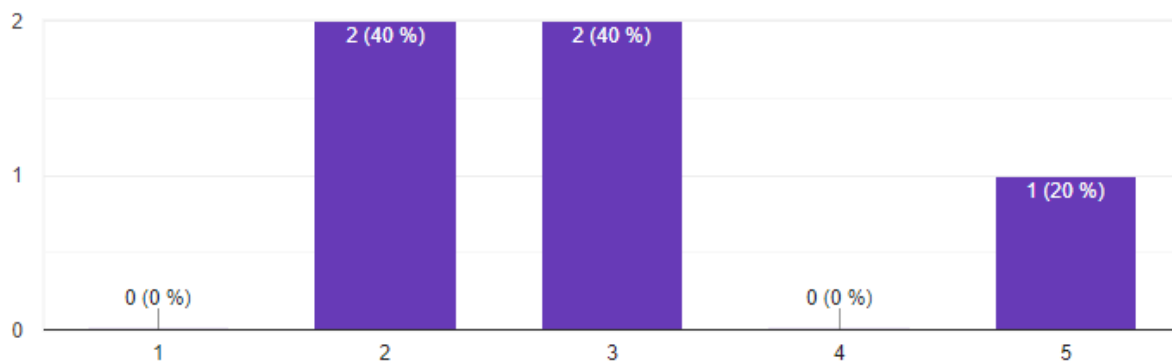
**44 pav.** Atsakymai į ketvirtą klausimą

44 paveiksliuke matoma, kad naudotis sistema suteikia pakankamai funkcijų.

### Sistemos grafinė sąsaja nepatraukli

 Kopijuoti


5 atsakymai



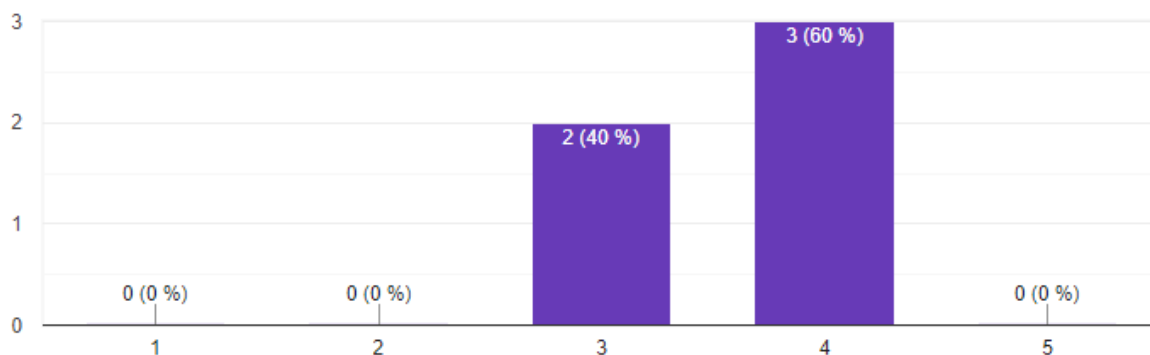
**45 pav.** Atsakymai į penktą klausimą

45 paveiksliuke matome, kad sąsaja daugelio apklaustųjų nuomone nėra nepatraukli.

### Rekomenduočiau sistemą draugams

 Kopijuoti

5 atsakymai



**46 pav.** Atsakymai į šeštą klausimą

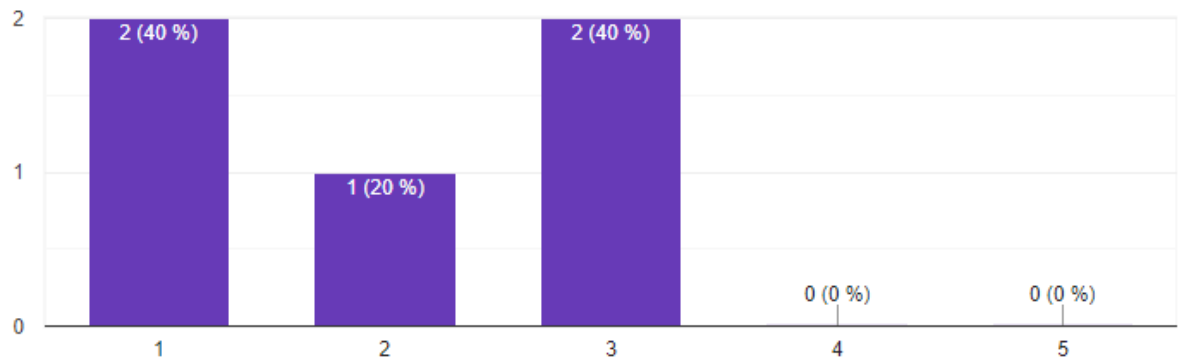
46 paveiksliuke matome, kad apklaustieji rekomenduotų sistemą draugams.



Naudodamasis sistema pastebėjau klaidų

 Kopijuoti


5 atsakymai



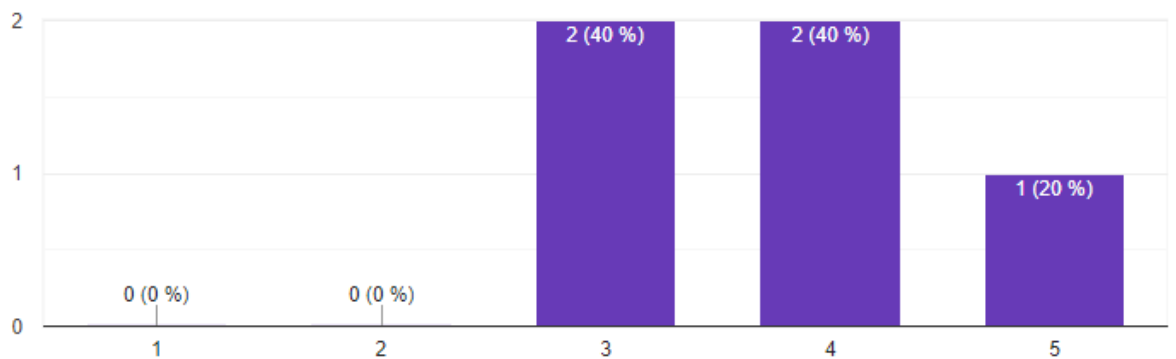
**47 pav.** Atsakymai į septintą klausimą

47 paveiksliuke matome, kad apklaustieji naudodamiesi sistemą klaidų nepastebėjo.

Sistema man suteikia naudos

 Kopijuoti


5 atsakymai



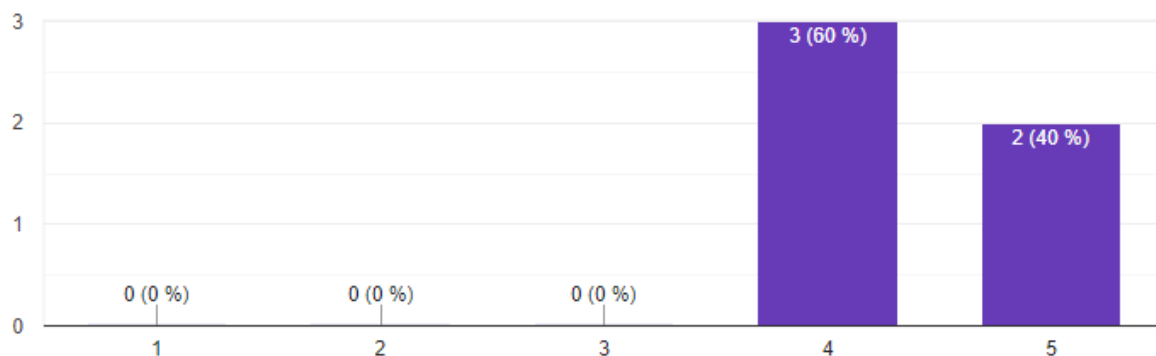
**48 pav.** Atsakymai į aštuntą klausimą

48 paveiksliuke matome, kad apklaustiesiems sistema suteikia naudos.

Sistema gali naudotis mokytojai, dėstytojai

 Kopijuoti

5 atsakymai



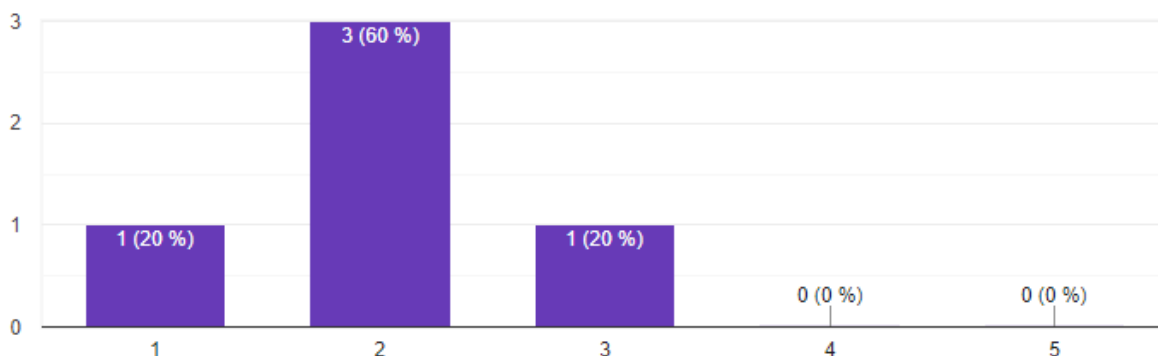
**49 pav.** Atsakymai į devintą klausimą

49 paveiksliuke matome, kad daugelis apklaustųjų mano, jog sistema gali naudotis mokytojai bei dėstytojai.

Sistema negali atnešti naudos ją naudojant edukacijoje

 Kopijuoti

5 atsakymai



**50 pav.** Atsakymai į dešimtą klausimą

50 paveiksliuke matome, kad daugelis apklaustųjų mano, jog sistemą gali atnešti naudos edukacijoje.

25 lentelėje pateikiama kiekvieno korespondento apskaičiuoti SUS įvertinimai ir įvertinimų vidurkis.

**25 lentelė.** SUS įvertinimai

Korespondentas	SUS įvertinimas
Pirmas	80
Antras	87,5
Trečias	65

Ketvirtas	75
Penktas	60
Vidurkis	73,5

Gautas vidurkis yra daugiau kaip 70, kas dažnai interpretuojama kaip pakankamai geras panaudojamumo įvertinimas. Taigi, nors sistema nėra įvertinta aukščiausiu įvertinimu, galima teigti, kad jos panaudojamumas yra geras.

Taip pat svarbu paminėti, kad paskutiniai du klausimai apie sistemos panaudojamumą edukacijoje daugumos korespondentų buvo įvertinti teigiamai, vadinasi, sistema galėtų būti panaudota edukacijoje.

#### **4.4. Paviršiaus aptikimo greičio eksperimentas**

Buvo atliktas sistemos paviršiaus aptikimo greičio eksperimentas. Sistemos logika buvo papildyta:

1. inicijavus papildytąją realybę apskaičiuojamas dabartinis laikas milisekundžių tikslumu;
2. aptikus paviršių randamas skirtumas milisekundėmis tarp dabartinio laiko ir laiko, kada buvo inicijuota papildytoji realybė.

Šio eksperimento tikslas išsiaiškinti kaip greitai sistema atpažįsta paviršius. Šis papildytosios realybės aspektas yra vienas svarbiausių.

Eksperimentas atliekamas apskaičiuojant paviršiaus aptikimo greitį įvairiose aplinkose.

##### **4.4.1. Eksperimento atlikimo protokolas**

Eksperimentas buvo atliekamas tokia eiga:

1. įjungiami programėlė ir telefono kamera nukreipiama į paviršių;
2. įjungiami papildytoji realybė;
3. telefonas periodiškai judinamas į kairę, dešinę, viršų, apačią siekiant pagerinti paviršiaus aptikimą;
4. aptikus paviršių užrašomas naršyklės konsolėje išspausdintas laikas.

51 paveiksliuke pateikiamas aplinkos kurioje buvo atliktas eksperimentas vaizdas.



**51 pav.** Greičio tyrimo aplinkos vaizdas

Eksperimentas buvo atliktas gerame ir prastame apšvietime po 5 kartus.

#### **4.4.2. Eksperimento rezultatai**

26 lentelėje pateikiami atlikto eksperimento rezultatai esant geram apšvietimui.

**26 lentelė.** Greičio aptikimas gerame apšvietime

<b>Bandymo nr.</b>	<b>Laikas (ms)</b>
1	5838
2	11466
3	28279
4	10050
5	3347

Greičio aptikimo vidurkis: 11796 ms.

Kadangi gautas vidutinis paviršiaus aptikimo greitis nesiekia 12 sekundžių, galima teigti, kad sistema pakankamai greitai atpažįsta paviršius gerame apšvietime.

27 lentelėje pateikiami atlikto eksperimento rezultatai esant prastam apšvietimui.

**27 lentelė.** Greičio aptikimas prastame apšvietime

<b>Bandymo nr.</b>	<b>Laikas (ms)</b>
1	14998
2	7866
3	13459
4	11710
5	22107

Greičio aptikimo vidurkis: 14028 ms.

Palyginus abiejų eksperimentų greičio aptikimo vidurkius ir individualius greičio aptikimo laikus, galime pastebėti, kad prastame apšvietime sistema užtrunka ilgiau atpažinti paviršius.

Kadangi gautas vidutinis paviršiaus aptikimo greitis nesiekia 15 sekundžių, galima teigti, kad sistema pakankamai greitai atpažįsta paviršius ir prastame apšvietime.

#### **4.5. Padėties sekimo eksperimentas**

Buvo atliktas sistemos padėties sekimo eksperimentas. Papildomai sistemoje buvo realizuotas funkcionalumas parodyti objekto koordinatų matrica konsolėje.

Šio eksperimento tikslas išsiaiškinti kaip gerai sistema seka modelio padėtį erdvėje. Šis papildytosios realybės aspektas yra vienas svarbiausių.

Eksperimentas atliekamas apskaičiuojant modelio koordinatas prieš ir po tam tikrų veiksmų.

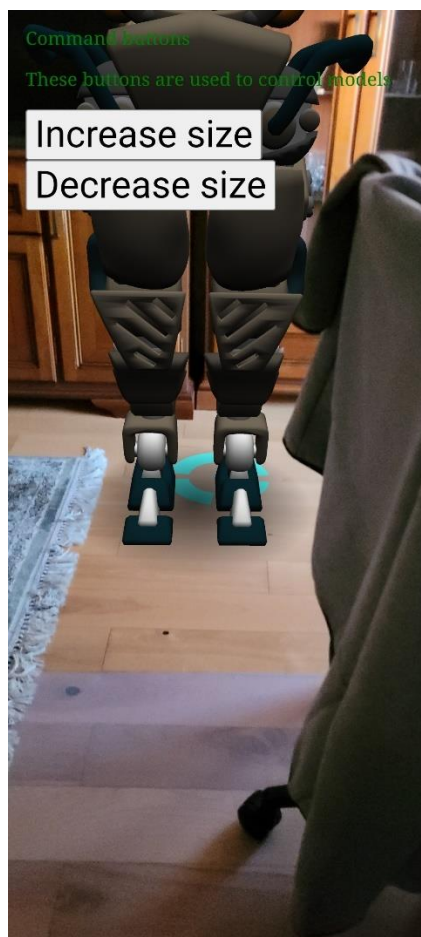
##### **4.5.1. Eksperimento atlikimo protokolas**

Eksperimentas buvo atliekamas tokia eiga:

1. Telefono kamera nukreipiama į paviršių
2. Įjungiamas programa ir įjungiamas papildytosios realybės režimas
3. Palaukiama kol aptinkamas paviršius ir įkeliamas 3D modelis
4. Uždengiamas foto objektyvas
5. Foto objektyvas atidengiamas
6. Palaukiama kol modelis vėl rodomas

##### **4.5.2. Eksperimento rezultatai**

52 paveiksliuke pateikiamas eksperimento vykdymo metu matomas vaizdas prieš uždengiant foto objektyvą.



**52 pav.** Pirminis modelio vaizdas

53 paveiksluke matomas ekrano vaizdas po telefono foto objektyvo atidengimo.



**53 pav.** Antrinis modelio vaizdas

**28 lentelė.** Modelio koordinatės

Objekto koordinacių matrica pradžioje	[0.9919544458389282, -0.005551033653318882, -0.12647336721420288, 0, -0.04660234600305557, 0.912871778011322, -0.4055778384208679, 0, 0.1177053451538086, 0.4082086980342865, 0.9052685499191284, 0, 0.038785822689533234, -0.06940767168998718, -0.04615291953086853, 1]
Objekto koordinacių matrica po objektyvo atidengimo	[0.9910104870796204, 0.0027214367873966694, -0.133756622672081, 0, -0.058767952024936676, 0.9070226550102234, -0.41696062684059143,

	0, 0.12018555402755737, 0.42107295989990234, 0.8990288972854614, 0, 0.04256999120116234, -0.029791496694087982, -0.0314498096704483, 1]
Matricių skirtumas	[0.000943958759308, -0.00827247044072, 0.00728325545788, 0, 0.0121656060219, 0.0058491230011, 0.0113827884197, 0, -0.00248020887375, -0.0128642618656, 0.00623965263367, 0, -0.00378416851163, -0.0396161749959, -0.0147031098604, 0]

Sistemoje normalizuotos matricos naudojamos apibūdinti modelių poziciją ir orientaciją erdvėje pagal x, y ir z ašis.

Iš rezultatų pateiktų 28 lentelėje matome, kad didžiausias koordinačių matricių reikšmių skirtumas yra ~0.014, kas rodo, jog modelis po foto objektyvo atidengimo pasislinko labai nežymiai. Tai rodo, kad sistema gerai atlieka padėties sekimą.

#### 4.6. Apibendrinančios išvados

Atlikus eksperimentus pastebėta, jog:

1. Sistemos panaudojamumas yra geras, remiantis atliktos apklausos duomenimis.
2. Atliktų eksperimentinių tyrimų metu sistema vidutiniškai užtruko 11796 milisekundes aptikti paviršius gerame apšvietime ir 14028 milisekundes aptikti paviršius prastame apšvietime.
3. Atliktų eksperimentinių tyrimų metu pastebėta, kad sistema prasčiau aptinka paviršius esant prastam apšvietimui.
4. Atliktų eksperimentinių tyrimų sistema teisingai sekė modelį erdvėje. Pastebėta modelio pozicijos paklaida neviršijo 0.015.



## Išvados

1. Atlikus literatūros analizę buvo:
  - pastebėta, kad papildytoji realybė sparčiai populiarėja ir yra pritaikoma vis plačiau;
  - pastebėta, kad papildytoji realybė jau dabar naudojama edukacijoje;
  - pasirinkta tirti papildytosios realybės panaudojamumo aspektus edukacijoje ir šiam tikslui pasiekti pasirinkta kurti 3D modelių atvaizdavimo papildytoje realybėje sistemą.
2. Atlikus konkurentų analizę ir palyginus konkurentus bei rinkoje egzistuojančius papildytosios realybės realizavimo įrankius buvo nuspręsta realizuoti sistemą naudojant „WebXR“ programavimo sąsają bei „Ionic“ karkasą. Sukurta sistema:
  - suteikia galimybę peržiūrėti įvairius 3D modelius papildytoje realybėje;
  - valdyti ir kategorizuoti 3D modelių įrašus;
3. Kuriant sistemą buvo sėkmingai realizuota sluoksnių mikroservisų architektūra su dvejais mikroservisais. Tai leido padalinti sistemą į kelias atskiras viena nuo kitos nepriklausančias dalis, palengvinti sistemos testavimą bei palaikymą.
4. Atlikus eksperimentinius tyrimus paaiškėjo, kad:
  - sukurta sistema tenkina jai iškeltus funkcinis bei nefunkcinis reikalavimus, tai rodo atliktas kokybės tyrimas aprašytas 4.2 skyriuje;
  - pagal atliktą SUS panaudojamumo tyrimą, kuri aprašyta 4.3 skyriuje, sukurtos sistemos panaudojamumas vidutiniškai vertinamas 73,5 SUS balais, tai rodo, kad sistemos panaudojamumas yra geras;
  - aplinkos apšvietimas turi didelę įtaką paviršiaus radimo greičiui. Tai rodo 4.4 skyriuje atlikto eksperimento rezultatai: eksperimentinių tyrimų metu sistema vidutiniškai užtruko 11796 milisekundes aptikti paviršius gerame apšvietime ir 14028 milisekundes aptikti paviršius prastame apšvietime;
  - pagal atliktą padėties sekimo eksperimentą, kuris aprašytas 4.5 skyriuje, sukurta sistema tinkamai seka 3D modelio padėtį erdvėje, kadangi eksperimentinio tyrimo metu sekamo objekto matricos reikšmių nuokrypis neviršijo 0.015.

## Literatūros sąrašas

1. Julio Cabero, Julio Barroso, „The educational possibilities of Augmented Reality“, 26 October 2015 [žiūrėta 2020-11-15]. Prieiga per Internetą: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1127264.pdf>
2. „Impact Of Augmented Reality In Education Industry“ [žiūrėta 2020-11-15]. Prieiga per Internetą: <https://www.fingent.com/blog/impact-of-augmented-reality-in-education-industry/>
3. IronCat, „Samsung VRRIDE,“ [Tinkle]. Prieiga per Internetą: <https://ironcat.lt/samsung-vrride/>.
4. Yunqiang Chen, Qing Wang, Hong Chen, Xiaoyu Song, Hui Tang, Mengxiao Tian, „An overview of augmented reality technology“, 2019 [žiūrėta 2020-11-15]. Prieiga per Internetą: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1237/2/022082/meta>
5. „How Businesses are inclining Towards Types of Augmented Reality To Enhance the consumer’s Interaction?“ [žiūrėta 2020-11-15]. Prieiga per Internetą: <https://www.quytech.com/blog/type-of-augmented-reality-app/>
6. Yassir El Filali, Krit Salah-ddine, „AUGMENTED REALITY TYPES AND POPULAR USE CASES“ April 2019 [žiūrėta 2020-11-15]. Prieiga per Internetą: [https://www.researchgate.net/figure/example-of-marker-based-AR\\_fig1\\_332543647](https://www.researchgate.net/figure/example-of-marker-based-AR_fig1_332543647)
7. Sanni Siltanen, „Theory and applications of marker based augmented reality“ January 2012 [žiūrėta 2020-11-15]. Prieiga per Internetą: [https://www.researchgate.net/publication/235741850\\_Theory\\_and\\_applications\\_of\\_ma  
rker\\_based\\_augmented\\_reality](https://www.researchgate.net/publication/235741850_Theory_and_applications_of_marker_based_augmented_reality)
8. R. Azuma, Y. Baillot, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier, B. MacIntyre, „Recent advances in augmented reality“ December 2001 [žiūrėta 2020-11-15]. Prieiga per Internetą: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/963459>
9. Kumar Ahir, „What is the difference between Marker based and Markerless AR?“ [žiūrėta 2020-11-15]. Prieiga per Internetą: [https://medium.com/@kumar.ahir/what-isthe-difference-between-  
marker-based-and-markerless-ar-192fb9fa09c5](https://medium.com/@kumar.ahir/what-isthe-difference-between-marker-based-and-markerless-ar-192fb9fa09c5)
10. Hamed Yazdani Nezhad, „Augmented Reality (AR) Equipped Composites Repair - Postgraduate study“ September 2019 [žiūrėta 2020-11-15]. Prieiga per Internetą: [https://www.researchgate.net/figure/9-Projection-Based-Augmented-Reality39\\_fig9\\_335590182](https://www.researchgate.net/figure/9-Projection-Based-Augmented-Reality39_fig9_335590182)
11. Shushan Poghosyan, „LEARNING-ORIENTED AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY“ February 2019 [žiūrėta 2020-11-15]. Prieiga per Internetą: [https://www.researchgate.net/figure/An-example-of-Superimposition-based-AR-in-aHistory-  
Field-trip\\_fig4\\_331181344](https://www.researchgate.net/figure/An-example-of-Superimposition-based-AR-in-aHistory-Field-trip_fig4_331181344)
12. Laura Davaney, „Augmented reality takes hold in classrooms“ [žiūrėta 2020-11-15]. Prieiga per Internetą: [https://www.eschoolnews.com/2010/05/11/augmented-realitytakes-hold-in-  
classrooms/](https://www.eschoolnews.com/2010/05/11/augmented-realitytakes-hold-in-classrooms/)
13. „3DBearIO“ [žiūrėta 2020-11-15]. Prieiga per Internetą: <https://www.3dbear.io/>
14. „Catchy Words AR“ [žiūrėta 2020-11-15]. Prieiga per Internetą: <https://apps.apple.com/us/app/catchy-words-ar/id1266039244#?platform=iphone>
15. „CoSpaces EDU“ [žiūrėta 2020-11-15]. Prieiga per Internetą: <https://edu.cospaces.io/Universe>
16. Ángela Di Serio, María Blanca Ibáñez, Carlos Delgado Kloos, „Impact of an augmented reality system on students’ motivation for a visual art course“ March 2012 [žiūrėta 2020-11-15]. Prieiga per Internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131512000590>

17. Jorge Bacca-Acosta, Silvia Baldiris, Ramón Fabregat, Sabine Graf, „Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications“ October 2014 [žiūrėta 2020-11-15]. Prieiga per Internetą: [https://www.researchgate.net/publication/286049823\\_Augmented\\_Reality\\_Trends\\_in\\_Education\\_A\\_Systematic\\_Review\\_of\\_Research\\_and\\_Applications](https://www.researchgate.net/publication/286049823_Augmented_Reality_Trends_in_Education_A_Systematic_Review_of_Research_and_Applications)
18. Hala Nassereddine, Christian Schranz, Makram Bou Hatoum, Harald Urban, „A Comprehensive Map for Integrating Augmented Reality During the Construction Phase“ 2020 [žiūrėta 2020-11-15]. Prieiga per Internetą: <https://repozitorium.omikk.bme.hu/bitstream/handle/10890/13487/069.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
19. UXLS „System Usability Scale“ [žiūrėta 2022-04-29]. Prieiga per Internetą: <https://uxls.org/methods/system-usability-scale/>
20. Jeff Sauro „5 Ways to Interpret a SUS Score“ [žiūrėta 2022-04-29]. Prieiga per Internetą: <https://measuringu.com/interpret-sus-score/>