



Kauno technologijos universitetas

Informatikos fakultetas

Papildytos realybės taikymų edukacijoje metodas ir tyrimas

Baigiamasis magistro studijų projektas

Gvidas Kraujalis

Projekto autorius

Prof. Tomas Blažauskas

Vadovas

Kaunas, 2022



Kauno technologijos universitetas

Fakulteto pavadinimas

Papildytos realybės taikymų edukacijoje metodas ir tyrimas

Baigiamasis magistro studijų projektas

Programų sistemų inžinerija (6211BX011)

Gvidas Kraujalis

Projekto autorius

Prof. Tomas Blažauskas

Vadovas

Dr. Eduardas Bareiša

Recenzentas

Kaunas, 2022



Kauno technologijos universitetas

Informatikos fakultetas

Gvidas Kraujalis

Papildytos realybės taikymų edukacijoje metodas ir 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.

Gvidas Kraujalis

Patvirtinta elektroniniu būdu



Kauno technologijos universitetas

Informatikos fakultetas

Baigiamojo magistro projekto užduotis

Projekto tema

Papildytos realybės taikymų edukacijoje metodas ir tyrimas.

Reikalavimai ir sąlygos
(tikslinti pavadinimą
pagal poreikį)

Vadovas

(vadovo pareigos, vardas, pavardė, parašas)

(data)

Kraujalis Gvidas. Papildytos realybės taikymų edukacijoje metodas ir tyrimas. Magistro studijų baigiamasis projektas vadovas prof. Tomas Blažauskas; Kauno technologijos universitetas, Informatikos fakultetas.

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

Reikšminiai žodžiai: AR, AR Core, Papildytoji realybė, Kompiuterio generuotas virtualus kontekstinis turinys.

Kaunas, 2022. 77 p.

Santrauka

Dokumente aprašoma sistema, leidžianti asmenims, neturintiems programavimo įgūdžių, savarankiškai kurti papildytos realybės programėles, realiu laiku įgyvendinant interaktyvią sąveiką. Programėlės paskirtis – pratęsti fizinės ekspozicijas, o ne jas pakeisti. Tai pasiekama naudojant papildoma virtualią fizinės ekspozicijos informaciją ir interaktyvią sąveiką su ja. Programėlės programinės įrangos architektūra skirta kurti pasikartojančius papildytos realybės komponentus.

Kadangi Lietuvoje, šiuo metu, nėra sistemų, kurios įgalintų ugdymo įstaigos darbuotojus, be IT specialisto įsikišimo, kurti virtualų turinį ir taip pristatyti naują mokymo medžiagą, tai yra pirmoji ir, kol kas, vienintelė panašaus tipo papildytos realybės programėlė, leidžianti inventorizuoti virtualų kontekstinį turinį.

Dokumento skyriuje „Analitinė dalis“ pateikiami esami papildytos realybės atvaizdavimo sprendimai ir pagrindinės problemos, taip pat, tiesioginio naudotojo įvesties ir išvesties metodai. Dokumento skyriuje „Projektinė dalis“ pateikiama architektūros ir reikalavimų specifikacijos. Skyriuje „Tiriamoji dalis“ aprašomi 3 suplanuoti ir įgyvendinti sistemos tyrimai, kur iškeliami ir pagrindžiama hipotezė, aprašoma tyrimo eiga, rezultatai, apribojimai ir grėsmės bei tyrimų išvados.

Kraujalis Gvidas. Method and research of augmented reality applications in education. Master's Final Degree Project supervisor prof. Tomas Blažauskas; Informatics faculty, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Program systems.

Keywords: AR, AR Core, Augmented Reality, Computer generated virtual contextual content.

Kaunas, 2022. 77 p.

Summary

The document describes a system that allows individuals without programming skills to independently create augmented reality applications through real-time interaction. The purpose of the application is to extend the physical expositions, not to replace them. This is achieved by the use of additional virtual physical exposition information and interaction with it. The application software architecture is designed to create repetitive augmented reality components.

As there are currently no systems in Lithuania that would enable educational staff to create virtual content without the intervention of an IT specialist and thus present new teaching materials, this is the first and so far, the only augmented reality application of a similar type that allows incentivization of virtual contextual content.

The “Analytical Part” section of the document presents existing augmented reality mapping solutions and key issues, as well as user input and output methods. The "Design Part" section of the document provides architectural and requirements specifications. The section “Research Part” describes 3 planned and implemented system researches, where the hypothesis is raised and substantiated, as well as the research process, results, limitations and threats, and research conclusions are described.

Turinys

Lentelių sąrašas	9
Paveikslų sąrašas	10
Santrumpų ir terminų sąrašas	11
Įvadas.....	13
Tikslas ir uždaviniai	14
1. Analitinė dalis	15
1.1. Egzistuojantys sprendimai.....	15
1.1.1. „Coterie“.....	15
1.1.2. „Artoolkit“	15
1.1.3. „Avango“	15
1.1.4. „Tinmith“.....	15
1.2. Problematika.....	16
1.3. Įgyvendinimas	18
1.4. 3D įvykių sistema	18
1.4.1. Išvestis	18
1.4.2. Įvestis.....	20
1.4.3. 3D interaktyvi sąveikia realiu laiku.....	21
1.4.4. Kelių naudotojų papildytosios realybės programėlė	22
1.4.5. Iš anksto paruoštas dinamiškas Programėlės funkcionalumas	25
1.5. Analizės išvados	26
2. Projektinė dalis	27
2.1. Architektūros specifikacija	27
2.1.1. Įvadas.....	27
2.1.2. Architektūros pateikimas.....	27
2.1.3. Architektūros tikslai ir apribojimai	27
2.1.4. Panaudojimo atvejų vaizdas	27
2.1.5. Sistemos statinis vaizdas	29
2.1.6. Išdėstymo vaizdas.....	29
2.1.7. Duomenų vaizdas	31
2.1.1. Sistemos dinaminis vaizdas	36
2.1.2. Apibendrinimas	38
2.2. Reikalavimų specifikacija	39
2.2.1. Funkciniai reikalavimai ir reikalavimai duomenims.....	39
2.2.2. Nefunkciniai reikalavimai	39
2.2.3. Reikalavimai veikimo sąlygoms.....	40
2.2.4. Reikalavimai sistemos priežiūrai.....	40
2.2.5. Reikalavimai saugumui	40
2.2.6. Kultūriniai – politiniai reikalavimai	40
2.2.7. Teisiniai reikalavimai	40
3. Tiriamoji dalis.....	41
3.1. Įvadas.....	41
3.2. Pirmas tyrimas	42

3.2.1. Įžanga į tyrimą	42
3.2.2. Tyrimo užduotis.....	42
3.2.3. Tyrimo hipotezė.....	45
3.2.4. Hipotezės patikrinimas	46
3.2.5. Tyrimo eiga	46
3.2.6. Tyrimo rezultatai	46
3.2.7. Tyrimo apribojimai ir grėsmės	47
3.2.8. Tyrimo išvados	47
3.3. Antras tyrimas	48
3.3.1. Įžanga į tyrimą	48
3.3.2. Tyrimo užduotis.....	48
3.3.3. Tyrimo hipotezė.....	48
3.3.4. Hipotezės patikrinimas	48
3.3.5. Tyrimo eiga	48
3.3.6. Tyrimo rezultatai	49
3.3.7. Tyrimo išvados	49
3.4. Trečias tyrimas	50
3.4.1. Įžanga į tyrimą	50
3.4.2. Tyrimo užduotis.....	50
3.4.3. Tyrimo hipotezė.....	54
3.4.4. Hipotezės patikrinimas	54
3.4.5. Tyrimo eiga	55
3.4.6. Tyrimo rezultatai	56
3.4.7. Tyrimo apribojimai ir grėsmės	56
3.4.8. Tyrimo išvados	57
Išvados	58
Literatūros sąrašas	59
Priedai.....	61
1 priedas. Sistemos naudojimo klausimynas	61
2 priedas. Reikalavimų specifikacija	62
3 priedas. Programų sistemos perdavimo ir aprobavimo aktas	77

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Mobiliojo įrenginio kadru per sekundę įverčių vidurkiai.....	49
2 lentelė. Sistemos naudojimo klausimyno faktorių skirstymas į kategorijas	55

Paveikslų sąrašas

1 pav. Okliuzijos efekto atvaizdavimas	17
2 pav. Ant galvos dėvimi išmanieji akiniai	19
3 pav. Rankiniai išmanieji įrenginiai	19
4 pav. Ant rankų dėvimas išmanusis įvesties įrenginys - pirštinės	20
5 pav. 2D Asmeninė sąveikos platforma ASP	21
6 pav. Daugybinis programėlės santykis	23
7 pav. (a) pradinis blokas, (b) operacijos nuorodos blokas, (c) vykdymo blokas, (d) sąlygos blokas, (e) išvesties blokas	25
8 pav. Panaudojimo atvejų diagrama	28
9 pav. Aukšto lygio sistemos paketų diagrama	29
10 pav. PS architektūros diagrama	30
11 pav. Duomenų modelio diagrama	31
12 pav. Bendra sistemos klasių diagrama	32
13 pav. Duomenų apdorojimo klasių diagrama	33
14 pav. Veiklos paslaugos detalizacija	33
15 pav. Kontekstinio turinio klasių diagrama	34
16 pav. Kliento klasių diagrama	34
17 pav. Sistemos klasių diagrama	35
18 pav. Meniu/ekspozicijos pasirinkimas veiklos diagrama	36
19 pav. Aplikacijos sekimo veiklos diagrama	36
20 pav. Kontekstinio turinio inventorizacijos veiklos diagrama	37
21 pav. PS palaikymo veiklos diagrama	37
22 pav. Žodžio „Kišenė“ garso banga	43
23 pav. Žodžio „Alyva“ garso banga	43
24 pav. Žodžio „Kaktusas“ garso banga	43
25 pav. Žodžio „Kiaušinis“ garso banga	43
26 pav. Žodžio „Voras“ garso banga	44
27 pav. Žodžio „Tiltas“ garso banga	44
28 pav. Žodžio „Akis“ garso banga	44
29 pav. Žodžio „Ugnis“ garso banga	44
30 pav. Žodžio „Arklys“ garso banga	44
31 pav. Žodžio „Karūna“ garso banga	45
32 pav. Objektų atvaizdavimas, naudojant papildytą realybę	45
33 pav. Tyrimo užduoties parametrai	51
34 pav. Pirmas užduoties lygis	52
35 pav. Antras užduoties lygis	52
36 pav. Trečias užduoties lygis	53
37 pav. Ketvirtas užduoties lygis	53
38 pav. Penktas užduoties lygis	54

Santrumpų ir terminų sąrašas

Santrumpos:

3D (angl. Three-dimensional) - Trimatė erdvė (X,Y,Z)

API (angl. Application Programming Interface) - Taikomųjų programų programavimo sąsaja

AR (angl. Augmented reality) - Papildyta realybė

CGS (angl. Computer Generated Solutions) - Kompiuteriu generuoti sprendimai

DVP (angl. Multi-User Aware Application) - Daugelio vartotojų programa

ID (angl. Identification) - Identifikacija

PS (angl. Program System) - Programos sistema

PĮ (angl. Software) - Programinė įranga.

VA (angl. Virtual Environment) - Virtuali aplinka

Iot (angl. Internet of Things) - Daiktų internetas - tarpusavyje susijusių, prie interneto prijungtų objektų sistemą

QR - Greito atsako kodas

Hz - Hercų ciklą per sekundę skaičius

MVĮ - Mažosios ir vidutinės įmonė

SOP (angl. Standart Operating Procedure) - Standartinės darbo procedūros

API (angl. Application Programming Interface) - Taikomųjų programų programavimo sąsaja

OPC - DA Atviros ryšių platformos duomenų prieiga

OPC-UA - Atviros ryšių platformos vieninga architektūra

3D - Trimatė erdvė (X,Y,Z)

STP - Programinės įrangos testavimo planas

PVZ - Suglaudintas ZIP failas, kuriame saugoma „productview“ struktūra

C3DI - „Creo Illustrate“ iliustracijos failas

OBJ - Geometrijos apibrėžimo failo formatas

JT - „Jupiter Tessellation“ ISO standartizuotas 3D duomenų formatas

CAT - Komanda „Susieti“

RH - Išteklių antraštės failas

CAD (angl. Computer Aided Design) - Kompiuterizuoto projektavimo failas

MP4 - Skaitmeninis daugialypės terpės talpyklos formatas, dažniausiai naudojamas vaizdo ir garso įrašams saugoti

HTML (angl. Hyperling Text Markup Language) - Hyper teksto žymėjimo kalbos formatas

OSHA (angl. Occupational Safety and Health Administration) - darbuotojų saugos ir sveikatos administracija

MSHA (angl. Mine Safety and Health Administration) - saugos ir sveikatos administracija

GPS (angl. Global Positioning System) - Globali padėties nustatymo sistema

Bluetooth - belaidis ryšys

GB - duomenų saugojimo talpos vienetas

Wi-Fi (angl. Wireless Fidelity) - belaidis ryšys tinkle

Terminai:

Ekspozicija (angl. Exposition) - Pirmutinis temos ar temų parodymas.

Įvadas

„Esą daugelis galimybių taikyti papildytosios realybės technologiją švietime. Virtuali realybė, vis dar, reikalauja didelių kaštų, kurie, tam tikrais atvejais, viršija lūkesčius, todėl, AR gali būti pigesnis sprendimas virtualiai pratęsti fizinę ekspoziciją.

Švietimo įstaigos darbuotojas siekia atvykėlius įtraukti į dialogą, o papildytoji realybė yra dar viena priemonė, galinti perduoti šias žinias. Pastaroji lankytojus kviečia sužinoti daugiau. Virtualus menininko, pasakojančio apie savo darbą, atvaizdavimas ar „atgyjanti“ fizinė ekspozicija gali padėti lankytojams suprasti naujas sąvokas. AR gali padėti kontekstizuoti istoriją, sumaišant seną ir naują, įgyvendinant pastarąsias sudedamąsias dalis:

- Realus ir virtualaus pasaulių sąjunga – fizinės ekspozicijos perdengimas virtualiu kompiuteriu generuotu turiniu ir atvaizdavimas, naudojant išmanųjį įrenginį.
- Interaktyvi sąveikia realiu laiku – virtualaus kontekstinio kompiuteriu generuoto turinio tiesioginis manipuliavimas, atsižvelgiant į realios fizinės ekspozicijos padėtį ar tiesioginio naudotojo išvestį.
- Realus ir virtualaus pasaulių registracija 3D erdvėje – realaus pasaulio fizinių objektų atvaizdavimas virtualioje erdvėje.“ [1]

Tikslas ir uždaviniai

„Kuriamos mobiliosios papildytosios realybės programėlės paskirtis - pratęsti ekspozicijas, o ne jas pakeisti. Ši funkcija įgyvendinama naudojant papildomą informaciją apie ekspozicijas bei naudotojų sąveiką su jomis.

Programėlės programinės įrangos architektūra skirta pasikartojantiems papildytosios realybės programėlių komponentams kurti. Pastaroji orientuota ties dinaminiu išplečiamumu bei našumu, tuo pačiu, užtikrinant aukšto lygio konfigūravimą. Siūlomas deklaratyvus programavimo stilius su atskirais komponentais leidžia tiriamąjį ir iteracinį vystymą bei supaprastina automatizuotų įrankių naudojimą konfigūracijoms kurti.“ [2]

Tikslas – „sukurti sistemą, palengvinančia, programuotojo įgūdžių neturintiems asmenims, savarankiškai kurti papildytosios realybės programėles, realizuojant interaktyvią sąveiką realiu laiku. Švietimo įstaigos darbuotojo kontekstinio edukacinio turinio tiekimo įgalinimas, t. y., konfigūracijų, kitu atveju išpildomų programinio kodo pagalba grafinio variklio aplinkoje, kūrimas, naudojant blokinę vizualinio programavimo sąsają“ [3] (virtualios ekspozicijos konfigūracijų, interaktyvių sąveikų bei egzempliorių kūrimas).

Uždaviniai:

1. Sukurti sistemą, palengvinančia, programuotojo įgūdžių neturintiems asmenims, savarankiškai kurti papildytosios realybės programėles.
2. Pasirinkti tinkamiausius techninius sprendimus kuriamai sistemai.
3. Virtualiai inventorizuoti kontekstinį turinį.
4. Išanalizuoti papildytosios realybės aplinkos kontekstinio turinio atvaizdavimo procesus.
5. Prisidėti prie papildytosios realybės švietimo metodo atpažinimo ir skatinimo Lietuvos švietimo įstaigose.

Dokumento struktūra

Dokumento skyriuje „Analitinė dalis“ pateikiami egzistuojantys papildytosios realybės atvaizdavimo sprendimai ir problematika bei tiesioginio naudotojo įvesties ir išvesties metodai. Skyriuje „Projektinė dalis“ pateikiama architektūros specifikacija ir reikalavimų specifikacija. Skyriuje „Tiriamoji dalis“ pateikiami suplanuoti ir įgyvendinti 3 sistemos tyrimai, kur iškeliami ir pagrindžiama hipoteze, aprašoma tyrimo eiga, rezultatai bei apribojimai ir grėsmės, taip pat, tyrimo išvados.

1. Analitinė dalis

1.1. Egzistuojantys sprendimai

„Vis augantis edukacinių programėlių kiekis pastaraisiais metais gali būti pagrįstas mobiliųjų įrenginių „lankstumu“. Prieš keletą metų programa, galinti sujungti pramogas ir mokymąsi, atrodė tik kaip futuristinis konceptas. Tačiau, spartaus technologijų augimo dėka, tai patraukia vis daugiau edukacinių institucijų dėmesio.“ [4] „Tiesioginis prieinamumas prie informacijos buvo vienas iš svarbiausių virtualios realybės pranašumų. Tuo tarpu, papildytoji realybė leidžia sulieti tikrovę ir kompiuterio sugeneruotą atvaizdą realiu laiku.“ [5]

1.1.1. „Coterie“

„Coterie“ sistema grįsta „Modula3“ ir palaiko vizualinio programavimo sąsają ir išmaniojo įrenginio pozicijos erdvėje nustatymo prietaisų abstrakcijas. „Tai sudarė pagrindą „Touring“ prietaisui MARS projekte. Vėlesnis plėtinys leido tinklo mazgams supaprastintai paskirstyti AR programėlės funkcionalumą. Tačiau, projekto eigoje buvo pareikalauta tam tikrų programėlės funkcijų atšaukimų. Nepaisant to, sudėtingas duomenų struktūras kaip „grafinę vietą „Scene Graph““ [6] buvo galima lengvai bendrinti panaudojamumą kitur.

1.1.2. „Artoolkit“

„Artoolkit“ biblioteka yra minimalus AR sistemos pavyzdys. Pastaroji teikia žymekliais grįstos papildytosios realybės išmaniojo įrenginio pozicijos erdvėje nustatymo sprendimą ir generuoto virtualaus turinio grafikos atvaizdavimą, naudojant „OpenGL“ platformą. Tipinį programėlės modelį sudaro tik pagrindinis ciklas, susidedantis iš išmaniojo įrenginio pozicijos erdvėje nustatymo ir atvaizdavimo funkcijų. Nepaisant paprastumo, pastaroji biblioteka buvo plačiai pritaikyta daugelyje AR programėlių, remiantis „Artoolkit“.

1.1.3. „Avango“

„Avango“ virtualios ir papildytos realybės programėlės kūrimo sistema, grįsta „SGI Performer“. Išplečiant mechanizmą, sujungiant sąsajas ir nukreipiant duomenų srautus tarp jų, kad būtų palaikoma nenutrūkstama tinklo veikla. Netiesioginiu būdu galima nurodyti paskirstytas programas dalytis duomenimis tarp skirtingų instancijų.

1.1.4. „Tinmith“

„Tinmith“ visapusiškai pritaikyta programinės įrangos architektūra papildytosios realybės programėlėms kurti. Kilusi iš senesnės architektūros, pastaroji tapo objektinio programavimo programinės įrangos sistemos pagrindu, palaikanti hierarchinį konkrečios scenos modeliavimą bei bendrus duomenų srautus tarp atskirų objektų. Įdiegta naudojant „C++“ programavimo kalbą, pastarojoje palaikoma vykdymo laiko sistema, serializavimas ir nuolatinis failo saugojimas. „Tinmith“ palaiko pažangias modeliavimo funkcijas, tokias kaip CGS operacijas, siekiant supaprastinti realaus pasaulio modeliu atvaizdavimą mobiliroje AR aplinkoje.

1.2. Problematika

Papildytosios realybės programėlių kūrimas, vis dar, yra sudėtinga užduotis, net ir po daugelio metų tyrimų ir programos demonstracijų. Be ribojančių išmaniojo įrenginio pozicijos erdvėje nustatymo bei atvaizdavimo technologijų, programinės įrangos kompleksiskumas, kuriant įtinkamas programėlės – žymus. „Sudėtingumas kyla dėl pagrindinių papildytosios realybės savybių:

- „Realaus ir virtualaus pasaulių sąjunga.“ [7]
- „Interaktyvi sąveikia realiu laiku.“ [8]
- „Realaus ir virtualaus pasaulių registracija 3D erdvėje.“ [9]

Pirmoji ypatybė turi tam tikrą įtaką technologijos pasirinkimui, norint atkurti tikrąjį pasaulį virtualioje erdvėje. Jutikliai yra naudojami matuoti individualias realaus pasaulio savybes, kad sukurti virtualų modelį. Kadangi reikalinga vis daugiau tikslumo ir kompleksiškesni jutiklių, reikalavimai apdorojamam duomenų kiekiui auga. „Programėlei reikalingos aukšto lygio komandų ir interaktyvios sąveikos sintezė iš neapdorotų išmaniojo įrenginio pozicijos erdvėje nustatymo stebėjimo duomenų, gaunamų atliekant kelis duomenų apdorojimo žingsnius.“ [10] Jutikliniai įrenginiai, taip pat, suteikia dar vieną sudėtingumo lygį visai sistemai. Techninės įrangos prietaisai, kuriems reikalinga nuolatinė konfigūracija ir veikimas, taip pat, kelia papildomus apribojimus, tokius kaip techninės įrangos sąsaja, įrenginių tvarkyklė operacinėms sistemoms arba išmaniojo įrenginio pozicijos erdvėje nustatymo duomenų paskirstymas keliems įrenginiams.

Papildytosios realybės kompiuteriu generuotas virtualus turinys, naudojant išmaniojo įrenginio kamerą, perdengiamas su realaus pasaulio objektais. Siekiant teisingai atvaizduoti erdvinį lygiagretumą tarp realių ir virtualių objektų, šie vaizdai turi būti generuojami naudojant transformacijas, kurios teisingai atvaizduotų 3D duomenis virtualioje erdvėje, atsižvelgiant į tikrą pasaulį.

„VA teikia kompiuteriu generuotą turinį taip kaip būtų suvokiama tikroji aplinka – kiekvienai tiesioginio naudotojo akiai pateikiamas vaizdas, priklausomai nuo pastarojo padėties erdvėje ir vaizdo projekcijos krypties - padėtis nustatoma išmaniojo įrenginio jutikliais“ [11] (naudojant mišrios realybės išmaniuosius akinius „Microsoft HoloLens“).

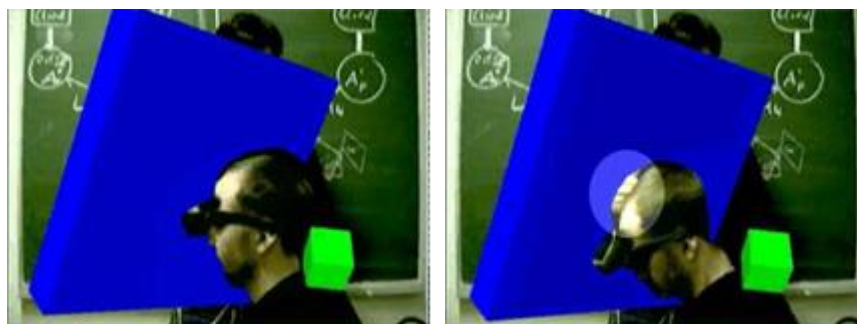
Trečioji ypatybė reikalauja ne tik objektų pozicijos erdvėje nustatymo, bet ir, dažnai, 3D išvesties, paprastai, 3D erdvinės grafikos. Nepaisant vis tobulėjančios grafikos apdorojimo gebos, aukštos kokybės atkūrimas ir realistiški efektai – vis dar, ankstyva mokslinių tyrimų ir plėtros sritis, galinti gausiai apkrauti net ir našiausias įrenginius.

Tiesioginio naudotojo įvesties įrenginių bei išmaniojo įrenginio, atvaizduojančio kompiuteriu generuotą virtualų kontekstinį turinį išmaniojo įrenginio pozicijos erdvėje nustatymas – svarbiausias faktorius, darantis įtaką virtualaus turinio atvaizdavimo kokybei. Virtualios realybės aplinkoje nėra svarbus kompiuteriu generuoto virtualaus kontekstinio turinio ir realybės neatitikimas, tačiau, papildytoje realybėje to ignoruoti neįmanoma. Kadangi virtualioje realybėje tiesioginis naudotojas naudoja tik kompiuterio generuotą virtualų kontekstinį turinį akių ir rankų koordinacijai, neatitikimas tarp rankų virtualioje aplinkoje ir tikrovėje, įprastai, nesukelia problemų.

Tačiau, papildytosios realybės aplinkoje, atvaizduojamų realaus pasaulio objektų ir kompiuteriu generuoto kontekstinio turinio objektų neatitikimas gali sukelti nepatogumą tiesioginiam naudotojui, naudojantis programėle. Be to, atvaizduojamas kontekstinis turinys tarp realybės ir virtualybės – daug lengviau pastebimas, mat, kompiuterio generuoto kontekstinio turinio objektai tiesioginio naudotojo palyginami realios aplinkos atžvilgiu, realiu laiku.

Išmaniojo įrenginio pozicijos erdvėje nustatymo forma scenos gylio žemėlapiui generuoti:

Vaizdo registravimas ir kompiuterio generuoto virtualaus kontekstinio turinio atvaizdavimas, naudojant išmaniojo įrenginio generuotus stereoskopinius atvaizdavimo duomenis. Pastarieji gali būti naudojami stebint tiesioginio naudotojo padėtį erdvėje ir orientaciją, taip pat, generuojant esamos scenos gylio žemėlapi (jei tiesioginio naudotojo naudojamas išmanusis įrenginys neturi integruotos gylio jutiklio kameros), kompiuterio generuojamo virtualaus kontekstinio turinio objektų okliuzijos efektui mažinti.



1 pav. Okliuzijos efekto atvaizdavimas

Išmaniojo įrenginio pozicijos erdvėje nustatymo forma, naudojant padėties duomenis:

Šiuo metu, didžioji dalis virtualios ir papildytosios realybės programėlių naudoja išmaniojo įrenginio pozicijos erdvėje nustatymo formas teikiančias tik tiesioginio naudotojo išmaniojo įrenginio padėties erdvėje ir orientacijos duomenis. „Tokia išmaniojo įrenginio pozicijos erdvėje nustatymo forma teikia labai tikslius pozicijos erdvėje nustatymo duomenis, tačiau, jokių papildomų duomenų kompiuterio generuojamo virtualaus kontekstinio turinio objektų okliuzijos efektui mažinti.“ [12]

Galiausiai, visą kompleksiskumą dar daugiau apsunkina antroji, pirmąją ir trečiąją apjungianti ypatybė – interaktyvi sąveika realiu laiku. Pastarajai reikalingi sprendimai, kurie yra apdorojami mažuose laiko intervaluose, užtikrinant būtiną minimalų kadrų generavimo dažnį. Net ir paketinis įvesties duomenų apdorojimas, dažnai, nėra laikomas tinkamu pasirinkimu, mat, per tą laiką, kuris reikalingas duomenims įvertinti, tiesioginis vartotojas iš sistemos gali reikalauti naujos operacijos.

Be to, papildytosios realybės naudojimas mobiliuosiuose išmaniuosiuose įrenginiuose reikalauja, kad programinės įrangos projektinis modelis būtų tinkamai įvertintas, atsižvelgiant į duomenų kiekį, kurį reikia apdoroti ir atvaizduoti.

1.3. Įgyvendinimas

„Programinės įrangos architektūra, skirta pasikartojantiems papildytosios realybės programėlių komponentams. Pastaroji orientuota ties dinaminio išplečiamumu bei našumu, tuo pačiu užtikrinant aukšto lygio konfigūravimą. Siūlomas deklaratyvus programavimo stilius, su atskirais komponentais, leidžia tiriamąjį ir iteracinį vystymą bei supaprastina automatizuotų įrankių naudojimą konfigūracijoms kurti.

Be to, nagrinėjamas sudėtingas AR programėlės kūrimo procesas ir pateiktos projektavimo gairės gali būti naudojamos kaip efektyvus atskirų daugkartinio naudojimo komponentų derinių įgyvendinimo pasiūlymas.“ [13]

„Daugiausiai dėmesio skiriama šiems papildytosios realybės programėlių aspektams:

- 3D įvykių sistema.
- 3D interaktyvi sąveikia realiu laiku.
- Kelių naudotojų papildytosios realybės programėlė.
- Iš anksto paruoštas dinamiškas programėlės funkcionalumas.“ [14]

1.4. 3D įvykių sistema

Registruojami tik tie vartotojo sąsajos įvykiai, kurie generuojami tiesioginio naudotojo išmaniojo įrenginio interaktyvios sąveikos įvesties duomenimis. Tokio tipo registruoti įvykiai perduodami scenai „handleeventaction“ ir yra naudojami skirtingų tipų mazgams apdoroti ir formuoti. Numatytas ASP valdiklių rinkinys, kuris įgyvendina standartines 3D sąveikas, pvz., objekto pozicijos, mastelio ir orientacijos keitimas, naudojant ASP valdiklius.

1.4.1. Išvestis

Virtuali ir papildytoji realybė naudoja tokias pačias aparatinės įrangos technologijas, taip pat, dalijasi daugybe veiksmų, tokių kaip kompiuterio generuojamo kontekstinio turinio atvaizdavimas ar interaktyvi sąveika realiu laiku. Pagrindinis skirtumas – virtualios realybės aplinka pakeičia tikrąjį pasaulį, tuo tarpu papildytoji – praplečia. Pagal tai renkama aparatinė įranga, geriausiai galinti atvaizduoti virtualią aplinką:

1.4.1.1. Ant galvos dėvimi išmanieji akiniai

Ant galvos dėvimas įrenginys, kuris veikia kaip 3D kompiuterio generuoto virtualaus kontekstinio turinio atvaizdavimo langas ir duomenų apdorojimo įrenginys, turintis ekrano optiką kiekvienai individualiai akiai. Optinė perregima sistema sujungia kompiuterio generuotą virtualų kontekstinį turinį ir realaus pasaulio objektus.



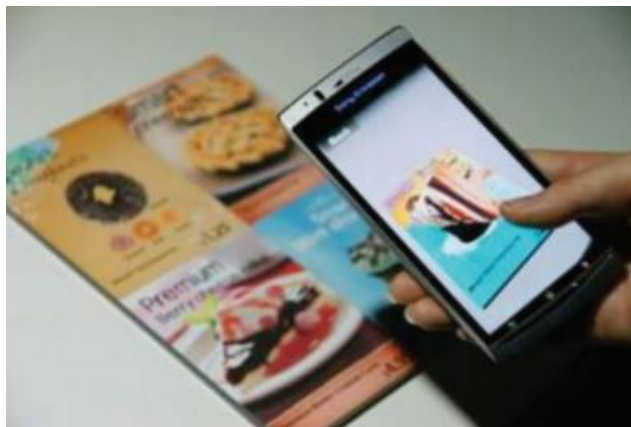
2 pav. Ant galvos dėvimi išmanieji akiniai

1.4.1.2. Rankiniai išmanieji įrenginiai

Nedidelių gabaritų kontekstinio turinio atvaizdavimo ir duomenų apdorojimo įrenginiai, tiesioginio naudotojo laikomi rankoje, naudojami sujungti kompiuterio generuotą virtualų kontekstinį turinį ir realaus pasaulio objektus, naudojant aparatinėje įrangoje integruotą kamerų sistemą.

Išvesties turinys įgyvendinamas kaip 3D virtualaus kontekstinio turinio atvaizdavimo langai. 3D virtualaus kontekstinio turinio atvaizdavimo langų klasė yra talpykla, susieta su vartotojo nurodyta grafine vieta „Scene Graph“.

Išvesties turinys yra visiems vienodas, visi vartotojai gali matyti visus 3D virtualaus kontekstinio turinio atvaizdavimo langus. Programa, siekianti atvaizduoti kelis išvesties turinius, paprasčiausiai sukuria kelis langus ir susieja su juo norimą virtualų kontekstinį turinį. Norint išlaikyti vienodą išvesties virtualų kontekstinį turinį, reikia, kad atvaizdavimo langų turinį valdantys taikymo metodai būtų sukonfigūruoti pagal savo paties parametrus. Norint supaprastinti DVP kūrimą, programuotojai gali subklasifikuoti pradinę klasę, kuri jau apima tokią elgesį.



3 pav. Rankiniai išmanieji įrenginiai

1.4.2. Įvestis

1.4.2.1. Ant rankų dėvimas išmanusis įvesties įrenginys – pirštinės

Pastaroji technologija įgalina kintamo interaktyvios sąveikos įvesties tikslumą bei kitų įvesties funkcijų kombinatorines galimybes. Išmaniojo įvesties įrenginio – pirštinės, pozicijos erdvėje ir orientacijos duomenys sekami, naudojant kito išmaniojo prietaiso aparatinėje įrangoje integruotą:

- Kamerų sistemą - realaus objektinio atvaizdo įvestis.
- Gylio jutiklį - gylio ir nuotolio nuo kitų objektų matavimas.
- Nuotolio jutiklį - nuotolio nuo kitų objektų matavimas.
- Giroskopą - įrenginio padėties ir kampo lyginant su naudotojo atskaitos taškų matavimas.
- Akselerometrą - greičio, judėjimo ir sukimosi pokyčių matavimas.
- Šviesos jutiklį - šviesos intensyvumo ir ryškumo matavimas.



4 pav. Ant rankų dėvimas išmanusis įvesties įrenginys - pirštinės

ASP, kaip įvesties kontekstas, atlieka ir svarbią funkciją kaip sąveikos priemonę ir vizualų vaizdavimą. Todėl ASP realizuojami kaip scenos grafai, daugiausiai, sudaryti iš sąveikos valdiklių. Tačiau, scenos grafike, taip pat, gali būti pasyvioji geometrija, kuri yra naudinga perteikiant vartotojo sąsajos būseną.

Apskritai, vidinė valdiklių padėtis priklauso nuo turinio – jį konfigūruoja tiesioginis naudotojas ir 3D išvesties langas.

Praplečiama programėlės API biblioteką, kad palaikytų bendresnius tiesioginio naudotojo įvesties įrenginius, paprastai, skirtus išmaniojo įrenginio pozicijos erdvėje nustatymo formoms išpildyti, pastaroji įgyvendina individualių įvykių sąrašą, kurie teikia grafinei vietai „Scene Graph“ pozicijos erdvėje nustatymo duomenų srautus. Pastarieji susideda iš kanalo ID, 3D kontekstinio turinio objekto pozicijos erdvėje, ASP mygtukų konfigūracijos, laiko žymos bei skirtingų įvykių tipų, gebančių diferencijuoti objekto judesio ar būsenos pakitimus.

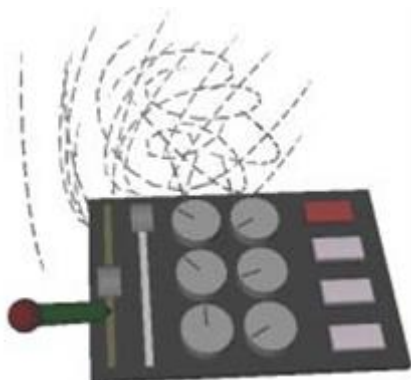
Individualūs mazgai yra siejami su skirtingais išmaniaisiais įrenginiais, kuriais interaktyviai sąveikauja tiesioginis naudotojas ar kelių tiesioginių naudotojų vienu metu grupė, sklandžiam programėlės darbui palaikyti.

1.4.3. 3D interaktyvi sąveikia realiu laiku

Speciali mazgų grupė, sąveikaujanti su 3D įvykių sistema, atsakinga už standartinių valdiklių rinkinius. Pastarieji valdikliai – grafiniai objektai, reaguojantys į gaunamus tiesioginio naudotojo 3D išvesties duomenis ir keičiantys savo būseną, atsižvelgiant į įvykių sekas. Grafiniai objektai įgyvendina aukštesniojo lygio abstrakčius įvykius iš neapdorotų 3D išvesties įvykių duomenų srautų, jų būseną atvaizduojama grafiškai bei keičiasi, priklausomai nuo tiesioginių išvesties duomenų pakitimų.

2D valdikliai yra tipiškas tokių objektų rinkinio pavyzdys. Įgyvendinamas standartinis rinkinys, kurį sudaro perjungimo mygtukai ir slankikliai – jie atvaizduojami 3D geometrijos, kuri yra manipuluojama tiesioginio naudotojo.

Tradicinė 2D grafinė vartotojo sąsaja pateikiama, kaip virtualūs ekspozicijos mygtukai (ASP). Fizinis virtualus valdiklių atvaizdavimas įgalina natūralų būdą interaktyviai sąveikauti su virtualiais valdikliais. ASP palaiko perjungimą tarp skirtingų rinkinių realiu laiku ir yra priskiriama kiekvienam individualiam tiesioginiam naudotojui.



5 pav. 2D Asmeninė sąveikos platforma ASP

Kuriant naudotojo sąsają daugiafunkcinėms užduotims atlikti, kyla sunkumų dėl darbo srities programų semantikos skirtumų. Sąranka, kai keli tiesioginiai naudotojai dalijasi tuo pačiu darbo kiekiu ir tuo pačiu programų rinkiniu, žymiai padidina kombinatorines sąveikos galimybes. Ši situacija priešinga darbalaukiui, kur kiekvienas kelių tiesioginių naudotojų vienu metu sistemos vartotojas turi atskirą „darbalaukį“.

Kai kurios kelių naudotojų darbo srities programos yra labiau orientuotos į vieną tiesioginį naudotoją ar izoliuotą tiesioginių naudotojų grupę, o kitos – sąsają turi su keliais esamais vartotojais. Kai kuriais atvejais, vartotojų vaidmenys yra vienodi, kitais – radikaliai skirtingi.

1.4.3.1. Įvestis

Išskiriami 2 pagrindiniai įvesties būdai:

- Programa pateikia keletą individualių tiesioginio naudotojo sąsajos valdiklių, pvz., mygtukų ar slankiklių. Šiuo atveju, įvesties kontekstas yra atkartojamas ASP egzemplioriaus būsenos.
- Programa priima 3D įvestį, pvz., virtualaus generuojamo turinio spustelėjimas ar tempimas. 3D įvesties tipo laukas įgalina tiesioginį manipuliavimą duomenimis.

1.4.3.2. Išvestis

Išvesties turinys pasireiškia kaip virtualus 3D kompiuteriu generuojamo kontekstinio turinio duomenų atvaizdavimas. Programa gali atvaizduoti duomenis viename arba keliuose languose skirtingiems tiesioginiams naudotojams. Išvesties turinys gali būti vienodas arba skirtingas:

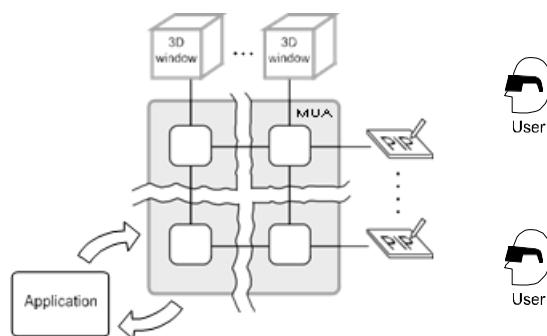
- Vienodas – tos pačios rūšies informacija rodoma vienodai. Skirtumas tarp dviejų vienaarūšių vienos programos kontekstų yra tik faktiniame duomenų sraute. Darbalaukyje šis būdas yra žinomas kaip kelių dokumentų sąsaja - vienu metu galima atidaryti kelis duomenų kontekstus, o kiekvienam duomenų kontekstui yra tos pačios sąveikos galimybės.
- Skirtingas – išvesties kontekstai rodo struktūriškai skirtingą informaciją. Pvz., 3D duomenų konteksto vaizdas gali būti rodomas vienam lange, o scheminis kitame.

Valdikliai įgalina paprastesnę, tačiau, mažiau apribotą interaktyvią sąveiką realiu laiku – apima geometrijos manipuliaciją, kuri gali būti veikiamą tiesioginio naudotojo. Pastarieji veikia kaip manipulatoriai virtualios ekspozicijos generuotam turiniui judinti, sukti ar masteliui keisti.

1.4.4. Kelių naudotojų papildytosios realybės programėlė

Kiekvienas tiesioginis naudotojas gali interaktyviai sąveikauti su kiekviena virtualaus kontekstinio turinio programėlė, kuri sukuria kelių matricių sąveikas. „Kiekvienam tokiam sąveikos keliui reikalingas įvesties ir išvesties turinys, kuris nukreipia informaciją tarp tiesioginio naudotojo ir PS.“ [15] Įgalinant kelis to paties turinio atvejus, galima užtikrinti interaktyvią sąveiką ir nepriklausomumą, nuo kitų tiesioginių naudotojų.

„Svarbu pabrėžti dėmesį, kad tai nėra tolygu kelių tos pačios virtualaus kontekstinio turinio programėlės vykdymo atvejui tuo pačiu metu. Bet kuris tiesioginis naudotojas gali bet kada interaktyviai sąveikauti su bet kurios virtualaus kontekstinio turinio programėlės duomenimis, o kitų tiesioginių naudotojų veiksmai gali turėti įtakos kitiems.“ [16]



6 pav. Daugybinis programėlės santykis

Nors paprastos vieno tiesioginio naudotojo programos gali veikti be jokių žinių apie kelių tiesioginių naudotojų sąranką, kelių tiesioginių naudotojų vienu metu programa turi atpažinti ir palaikyti visus arba vieną iš šių metodų:

Skirtingos kiekvieno tiesioginio naudotojo vidinės būsenos:

- Atsižvelgiant į programų reikalavimus, kiekvienam tiesioginiam naudotojui turi būti saugoma išsami virtualaus kontekstinio turinio informacija. Daugelis standartinių operacijų leidžia skirtingą semantiką, kai pastaroji taikoma keliems tiesioginiams naudotojams;
- Ar iškirpimo ir įklįavimo seka turi prieigą prie bendros iškarpinės, ar kiekvienam vartotojui turėtų būti skirta individuali iškarpinė.
- Ar yra viena bendra, ar yra daug atskirų komandų operacijų vykdymo istorijų.

Kelių tiesioginių naudotojų įvestis vienu metu tame pačiame 3D kontekstinio turinio atvaizdavimo lange:

Tas pats 3D kontekstinio turinio atvaizdavimo langas tuo pat metu gauna įvestį iš daugiau nei vieno tiesioginio naudotojo. Nors galimos idempotencinės operacijos (operacijos savybė, kai pastarąja galima taikyti kelis kartus, nekeičiant pradinio rezultato), daugeliu atvejų skirtingų tiesioginių naudotojų įvestys reikalauja naujo duomenų apdorojimo.

Kelių tiesioginių naudotojų vienu metu įvestis toje pačioje ASP:

Kadangi ASP kaip pagrindinis įvesties įrenginys taip pat turi būti naudojami DVP duomenys, būtina atsižvelgti į jo būseną. Paprastai, kiekviena programa visus savo 2D sąsajos elementus pateikia individualiam tiesioginiam naudotojui. Kadangi tiesioginis naudotojas gali įgyti papildomą DVP duomenų apdorojimą, kai kitas vartotojas jau dirba su pastaraisiais, ta pati ASP bus atvaizduojama vienodai abiem tiesioginiams naudotojams.

Tiesioginių naudotojų virtualaus kontekstinio turinio manipuliacija 3D turinio atvaizdavimo lange:

Keli tiesioginiai naudotojai vienu metu gali manipuluoti bendrus atvaizduojamus virtualaus kontekstinio turinio duomenis 3D turinio atvaizdavimo lange. Programa gauna tiesioginių naudotojų 3D įvesties srauto duomenis ir, priklausomai nuo operacijos, toks veiksmų srautų lygiagretumas, gali būti prasmingas arba ne. Kadangi programa priima įvykius nuosekliai duomenų srauto tvarka - daug lengviau kontroliuoti srautų lygiagretumą ir nukreipti jį reikiama linkme.

Ne tiesioginis tiesioginio naudotojo virtualaus kontekstinio turinio manipuliavimas ASP:

Vienodiems virtualaus generuojamo turinio atvaizdavimo langams, ASP struktūra yra vienoda kiekviename lange, tačiau sąsajos būseną, pvz., slankiklio valdiklio padėtis, dažniausiai, priklauso nuo individualaus virtualaus generuojamo turinio atvaizdavimo lango ir konkretaus tiesioginio naudotojo. Valdikliu dalijimosi laipsnį galima nustatyti kiekvienam valdikliui:

- Kiekvienam langui ir kiekviena tiesioginiam naudotojui skirtinga sąsajos būseną.
- Kiekvienam tiesioginiam naudotojui skirtinga sąsajos būseną, tačiau tam tikram tiesioginiam naudotojui sąsajos būseną yra vienoda visiems turinio atvaizdavimo langams.
- Kiekvienam lange skirtinga sąsajos būseną, tačiau duotame lange sąsajos būseną yra vienoda visiems vartotojams.
- Tik viena sąsajos būseną visiems langams ir vartotojams.

Kelių naudotojų vienu metu naudojimo scenarijai yra palaikomi, suteikiant būtiną funkcionalumą techninei įrangai, kuri yra reikalinga daugiau nei vieno tiesioginio naudotojo tuo pačiu metu įgalinimui, taip pat, naudojamas programėlės API išteklių paskirstymui naudotojams. Pastaroji programėlė palaiko daugiau nei vieną nepriklausomą išvesties lauką, įgalinti sistemas palaikančias daugiau nei vieną tiesioginį naudotoją, kurios suteikia daugkartinės išvesties galimybę. To pasėkoje, keli išvesties atvaizdavimo laukai gali būti ir siejami tarpusavyje, ir suteikiantys kiekvienam tiesioginiam naudotojui individualią išvestį.

Kiekvienas išvesties laukas - nepriklausomai personalizuojamas pagal virtualaus generuojamo turinio dydį, poziciją ir atvaizdavimo metodą 3D virtualioje erdvėje. Be to, įvesties prietaisų kiekis nėra ribojamas – tiesioginis naudotojas gali naudoti tiek išmaniojo įrenginio pozicijos erdvėje nustatymo įrenginių, kiek reikalauja sėkmingas kelių naudotojų vienu metu sąrankos įgyvendinimas.

Tipinė kelių naudotojų vienu metu naudojimo sąranka susideda iš 2 tiesioginio naudotojo išmaniųjų įrenginių, kurie naudojami kaip interaktyvios sąveikos įvesties įrenginiai, kompiuterio generuoto virtualaus kontekstinio turinio atvaizdavimo langai ir virtualios ASP valdiklis.

Išteklių rinkinys susidedantis iš vaizdo išvesties lango ir įvykių registravimo kanalų išmaniojo įrenginio pozicijos erdvėje nustatymui ir interaktyvios sąveikos įvesties yra registruojami kaip naudotojas identifikuojamas pagal unikalų ID PĮ sistemoje. Prieš programėlės paleistį, nustatomas tiesioginių naudotojų skaičius ir jų konfigūracijos. 3D įvykių mazgai susiejami su individualiu tiesioginiu naudotoju, todėl programėlė gali atskirti skirtingus naudotojus bei atitinkamai registruoti jų veiksmus, ko pasėkoje, kiekvieno individualaus tiesioginio naudotojo vaizdo išvesties langai taip pat gali būti konfigūruojami taip kaip iš anksto pasirinktas ir apibrėžtas vaidas rodomas tik kai kuriems tiesioginiams naudotojams.

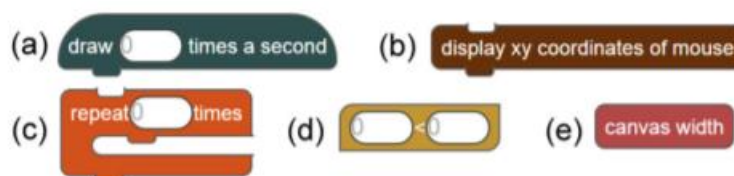
1.4.5. Iš anksto paruoštas dinamiškas Programėlės funkcionalumas

Virtualios programėlės yra įgyvendinamos kaip grafinė vieta „Scene Graph“. Pastarosios apibrėžiamos įgyvendinant naują programos mazgų klasę, kuri suteikia konkrečios virtualios programėlės funkcionalumą. Programa gali naudoti bet kurį grafinės vietos „Scene Graph“ mazgą, kad būtų sukurta reikalinga grafika, vartotojo sąsajos elementai ir interaktyvios sąveikos metodai. Taip pat, programėlė gali apibrėžti specializuotą mazgų tipą, dedikuotoms duomenų struktūroms saugoti. Taip pat, toks įgyvendinimas įgalina visų operacijų naudojimą virtualios ekspozicijos programėlėje. Kadangi palaikomas bet kurios grafinės vietos „Scene Graph“ serializavimas, nuskaitant ir perrašant failą, programėlė gali būti paruošta naudojimui ir išsaugota vykdymo metu. Kuomet virtualios ekspozicijos programėlė talpina visas reikiamas duomenų struktūras grafinės vietos „Scene Graph“ mazguose, Programėlės grafinė vieta „Scene Graph“ iškart atvaizduoja programėlės būseną.

Programavimo kalba vadovaujasi trimis konvencijomis:

- Sintaksė
- Semantika
- Pragmatika

Išvesties blokai paverčiami kintamaisiais, konstantomis ir aritmetinėmis / matematinėmis funkcijomis, o kiti blokai – funkcijomis ar operacijomis. „Iš anksto paruošti kodo „paruoštukai“ – blokai, kurie išversti į fragmentus, tokius kaip sudėtingus algoritmus ir transformacijų funkcijas. Kai kurie iš jų yra paverčiami viena ar keliomis operacijomis su konkrečiais argumentais, o jų elgesys būna konkretesnis.“ [17]



7 pav. (a) pradinis blokas, (b) operacijos nuorodos blokas, (c) vykdymo blokas, (d) sąlygos blokas, (e) išvesties blokas

1.5. Analizės išvados

Papildytosios realybės aplinkos sritis yra pakankamai pažįstama ir gausiai naudojama, tačiau, šiuo metu, Lietuvoje nėra sistemų, leidžiančių švietimo įstaigos darbuotojams patiems generuoti aktualų kontekstinį virtualų turinį, be IT srities specialisto bei taip pateiktį naują mokomąją medžiagą, taip siekiant įgalinti panašaus turinio programėlių naudojimą tarptautinėje rinkoje. Todėl, minėtus, labiausiai ribojančius, programėlės kūrimo faktorius reikia skaidyti ir ieškoti sprendimų.

- Išanalizavus esamus programinius kompiuteriu generuojamo virtualus kontekstinio turinio papildytosios realybės aplinkoje sprendimus bei mokslinius darbus, buvo išryškintos ir aptartos labiausiai limituojantys faktoriai, pasireiškiantys kuriant papildytosios realybės programėles.
- Visa PS susideda iš kelių įvairaus sudėtingumo uždavinių ir sprendimų: 3D įvykių sistema, 3D interaktyvi sąveikia realiu laiku, kelių naudotojų papildytosios realybės programėlė, iš anksto paruoštas dinamiškas Programėlės funkcionalumas.

2. Projektinė dalis

2.1. Architektūros specifikacija

2.1.1. Įvadas

Architektūros specifikacijos paskirtis – atskleisti preliminarų kuriamos sistemos vaizdą (programinės įrangos architektūra skirta pasikartojantiems papildytosios realybės sisteminiams komponentams užtikrinant aukšto lygio konfigūravimą bei supaprastintą automatizuotų įrankių naudojimą konfigūracijoms kurti, naudojant blokinę vizualinio programavimo sąsają), taip pat, surinkti ir pateikti sisteminius architektūros sprendimus.

2.1.2. Architektūros pateikimas

Sistemos architektūra pateikiama naudojant „UML“ modeliavimo įrankius pasitelkiant „MagicDraw“ ir „Lucidchart“ programinę įrangą:

- Panaudojimo atvejų vaizdas – panaudojimo atvejų diagrama
- Loginis vaizdas – sisteminiai paketai ir klasių diagramos
- Procesų vaizdas – būsenų, sekos ir veiklos diagramos
- Išdėstymo vaizdas – sistemos išdėstymo diagrama

2.1.3. Architektūros tikslai ir apribojimai

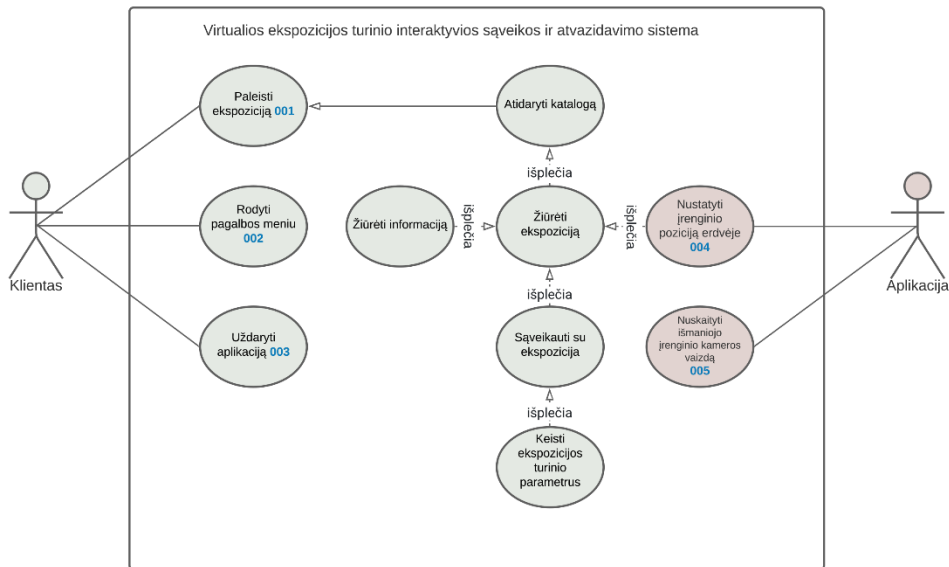
- „Programėlės atsakas turi būti pakankamai greitas, kad būtų išvengta vartotojo minčių pertraukimo.“ [18]
- „Programėlė turi veikti „Android OS“ paskutiniuose 5 leidimuose.“ [19]
- „Produktą turi galėti aptarnauti jo galutiniai naudotojai arba atstovai, kurie nėra jo originalūs kūrėjai. [20]
- Sistema turi atitikti švietimo įstaigų nurodytus bendrus standartus „Bendrieji minimalūs reikalavimai, keliami muziejuose kaupiamiems ir saugomiems skaitmeniniams objektams ir juos aprašantiems metaduomenims“. [21]

2.1.4. Panaudojimo atvejų vaizdas

2.1.4.1. Veiklos sudėtis

„Norint sukurti šį produktą, reikalinga suprasti kuriamo kontekstinio turinio švietimo paskirtį bei naujųjų technologijų sąveiką ir galimybes - bendradarbiavimas tarp švietimo įstaigos specialisto bei IT srities eksperto, kad būtų palaikoma projekto plėtra.

Švietimo, mokslo ir sporto ministerija bei kiti suinteresuoti asmenys kaip užsienio švietimo įstaigų ir Europos Sąjungos fondų investicijų veiksmų programos atstovai turi būti įvardinti kaip gretutinė projekto vykdymo dalis. Jų sąveika yra svarbi sistemos kūrimo ir veikimo dalis.“ [22]



8 pav. Panaudojimo atvejų diagrama

2.1.4.2. Veiklos padalinimas

Sistema skirta 2 tipų tiesioginiams naudotojams: klientui ir sistemai.

2.1.4.2.1. Naudotojo režimo „Klientas“ panaudojimo atvejai

- Paleisti ekspoziciją - procesas, kurio metu tiesioginis naudotojas „Klientas“ pradeda pasirinktos virtualaus generuojamo turinio ekspozicijos programėlę.
- Rodyti pagalbos meniu – procesas, kurio metu tiesioginis naudotojas „Klientas“ žiūri Programėlės naudojimo pagalbos meniu.
- Uždaryti programėlę - procesas, kurio metu tiesioginis naudotojas „Klientas“ turi turėti galimybę atsijungti iš savo naudojamo naudotojo režimo.
- Atidaryti meniu – procesas, kurio metu tiesioginis naudotojas „Klientas“ mato visą virtualaus generuojamo turinio Programėlės kontekstinį meniu.
- Žiūrėti ekspoziciją - procesas, kurio metu tiesioginis naudotojas „Klientas“ žiūri pasirinktos virtualaus generuojamo turinio ekspozicijos programėlę.
- Žiūrėti informaciją - procesas, kurio metu tiesioginis naudotojas „Klientas“ gauna išsamią pasirinktos virtualios ekspozicijos kontekstinio turinio informaciją.
- Sąveikauti su ekspozicija - procesas, kurio metu tiesioginis naudotojas „Klientas“ interaktyviai sąveikauja su pasirinktos virtualaus generuojamo turinio ekspozicijos programėlę.
- Keisti ekspozicijos turinio parametrus - procesas, kurio metu tiesioginis naudotojas „Klientas“ keičia pasirinktos Programėlės virtualaus generuojamo turinio ekspozicijos mastelį arba padėtį.

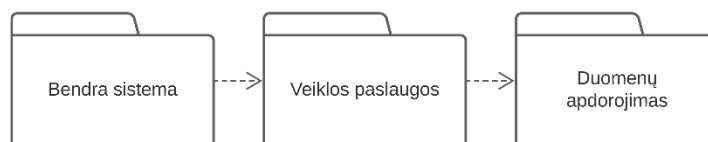
2.1.4.2.2. Naudotojo režimo „Aplikacija“ panaudojimo atvejai

- Nustatyti įrenginio poziciją erdvėje – procesas, kurio metu PS nustato išmaniojo įrenginio padėtį erdvėje, naudojant papildytosios realybės pozicijos erdvėje nustatymo žymeklius.
- Nuskaityti išmaniojo įrenginio kameros vaizdą – procesas, kurio metu PS naudoja išmaniojo įrenginio kameros funkciją, fiziniam ir virtualiam kontekstiniam turinio perdengti ir atvaizduoti.

2.1.5. Sistemos statinis vaizdas

2.1.5.1. Apžvalga

Sistema skaidoma į 3 pagrindinius paketus.



9 pav. Aukšto lygio sistemos paketų diagrama

2.1.6. Išdėstymo vaizdas

Programinės įrangos architektūra skirta pasikartojantiems papildytosios realybės programėlių komponentams. Pastaroji orientuota ties dinaminio išplečiamumu bei našumu, tuo pačiu užtikrinant aukšto lygio konfigūravimą. Pastaroji pagrįsta 3 pagrindiniais sluoksniais:

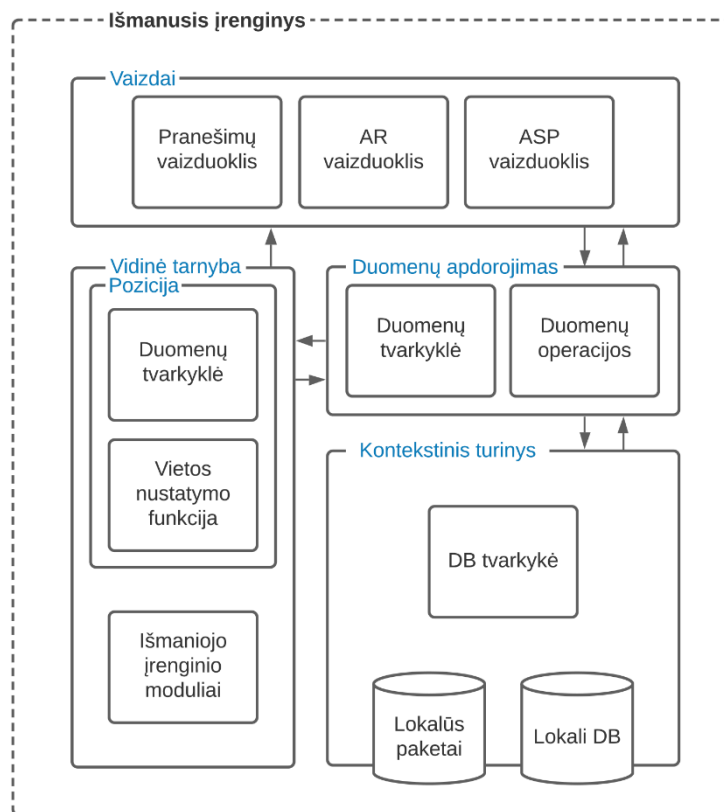
- Vaizdai - sąveika su tiesioginiu naudotoju. Kartu su „Vidinė tarnyba“ sluoksniu, tai – pagrindiniai sistemos įvesties taškai, taip pat, įvykių apdorojimas.
- Duomenų apdorojimas – sąveika tarp lokalių paketų ir Vaizdai sluoksnio, tuo tarpu „Rest“ API sąveikauja su serveriu.
- Kontekstinis turinys – sąveika tarp pagalbinių modulių išanalizuoti gautus JSON failus ir susieti su lokalia duomenų baze.

Duomenų apdorojimas sluoksnis yra svarbiausias iš trijų, nes sąveika, keitimasis informacija, ir sinchronizacija praeina per šį sluoksnį. Duomenų operacijos suteikia sąsają, skirtą gauti ir siųsti informaciją į duomenų bazę. Sluoksnis apdoroja duomenis apie tiesioginio naudotojo žiūrimą ekspoziciją, tiesioginio naudotojo atliekamas kontekstinio turinio modifikacijas ir užklausas. Taip pat, teikia duomenis apie ekspozicijos kontekstinio turinio papildinius ir sąveikas iš duomenų bazės. Tai leidžia sinchronizuoti ir pateikti užklausas. Kadangi duomenų operacijos yra atsakingos už sąveiką su serveriu, duomenų apdorojimo sluoksnis yra atsakingas už vietinių paketų informacijos apdorojimą. Gauta informacija analizuojama ir saugoma vietinėje duomenų bazėje.

Vaizdai yra pagrindiniai vartotojo sąsajos komponentai, įgalinantys sąveiką su tiesioginiu naudotoju.

AR vaizduoklis grindžiamas Google „AR Core“ SDK ir yra naudojamas sujungti kompiuterio generuotą virtualų kontekstinį turinį ir realaus pasaulio objektus, pasitelkiant išmaniajame įrenginyje integruota kamerų sistemą. ASP vaizduoklis išskiriami 2 pagrindiniai įvesties būdai:

- Programa pateikia keletą individualių tiesioginio naudotojo sąsajos valdiklių, pvz., mygtukų ar slankiklių. Šiuo atveju, įvesties kontekstas yra atkartojamas ASP egzemplioriaus būsenos.



10 pav. PS architektūros diagrama

- Programa priima 3D įvestį, pvz., virtualaus generuojamo turinio spustelėjimas ar tempimas. 3D įvesties tipo laukas įgalina tiesioginį manipuliavimą duomenimis.

Pranešimų vaizduoklis nuolatiniai sisteminiai pranešimai, taip pat, įgalinantys programėlės pratęsimą arba sustabdymą.

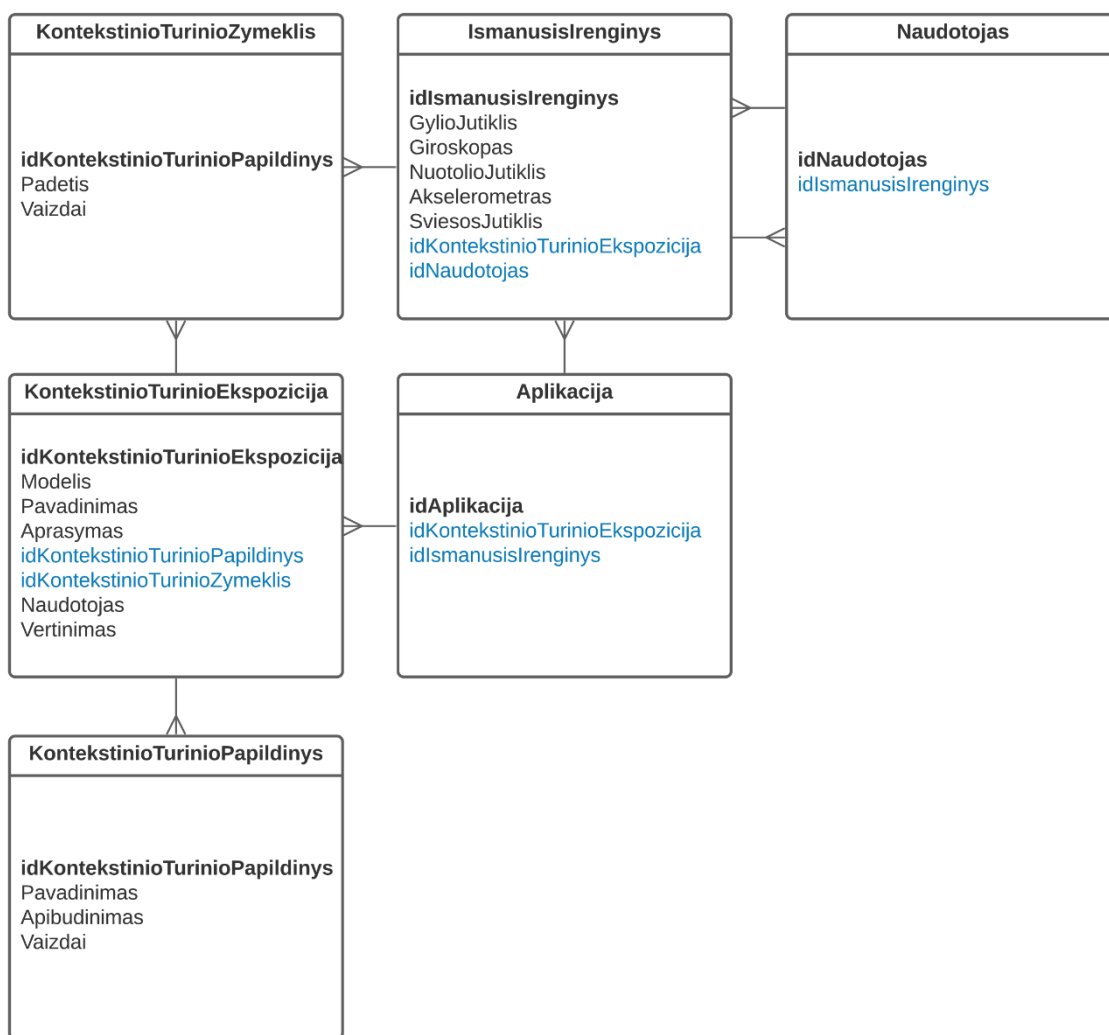
Vidinės tarnybos įgalina sąveiką tarp išmaniojo įrenginio, virtualaus kompiuterio generuoto kontekstinio turinio ir tiesioginio naudotojo nustatyti išmaniojo įrenginio poziciją erdvėje, pasitelkiant įrenginio vidinius jutiklinius modulius:

- Gylio jutiklis
- Giroskopas
- Nuotolio jutiklis
- Akselerometras
- Šviesos jutiklis

Kontekstinis turinys įgalina sąveiką tarp serverio ir lokalsios duomenų bazės – saugomi kontekstinio turinio papildiniai, reikalingi optimaliam programos duomenų srautui užtikrinti, kur saugomi lokalūs paketai ir kontekstinio turinio 3D modelis, kurie atnaujinami sluoksnyje *Duomenų apdorojimas* ir pateikiami sąveikauti su kitais sluoksniais.

2.1.7. Duomenų vaizdas

Diagramoje pateikiami duomenų srautai, dalyvaujantys aplikacijos ir virtualaus kontekstinio turinio ekspozicijų manipuliavime (ekspozicijos paleistis, ekspozicijos kontekstinio turinio parametru keitimas, kontekstinio turinio ir sąveikų inventORIZACIJA).

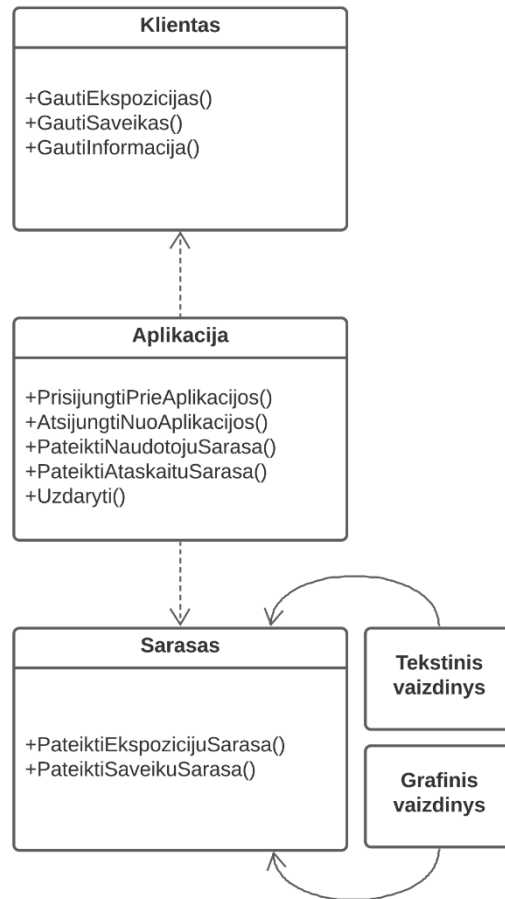


11 pav. Duomenų modelio diagrama

2.1.7.1. Paketų detalizavimas

2.1.7.1.1. Bendros sistemos paketas

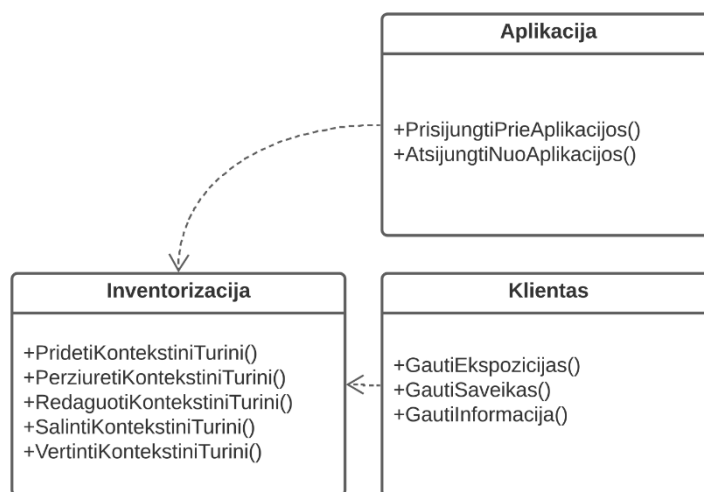
Paketas skirtas *Bendros sistemos* (Programėlės kontekstinio turinio inventORIZACIJA) sąsajai realizuoti.



12 pav. Bendra sistemos klasių diagrama

2.1.7.1.2. Duomenų apdorojimo paketas

Paketas skirtas *Duomenų apdorojimo* (kontekstinio turinio inventorizacija) sąsajai realizuoti.



13 pav. Duomenų apdorojimo klasių diagrama

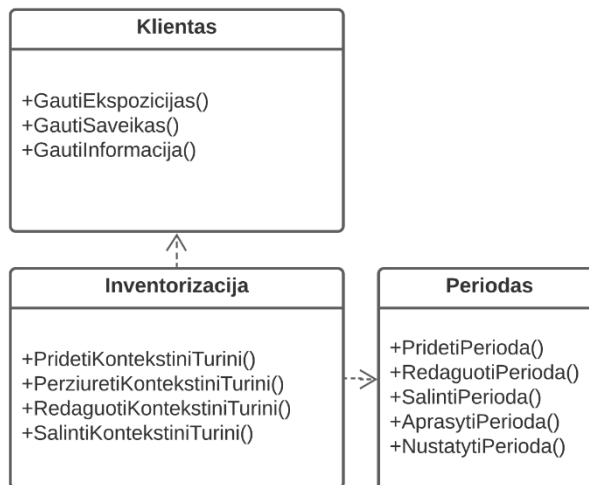
Paketas *Veiklos paslaugos* detalizuojamas į 3 papildomus paketus.



14 pav. Veiklos paslaugos detalizacija

2.1.7.1.3. Kontekstinio turinio paketas

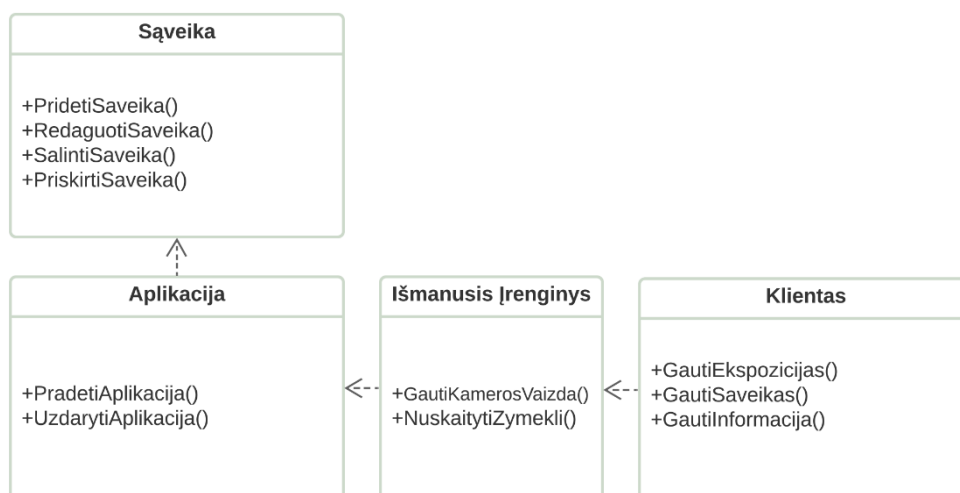
Paketas skirtas *Kontekstinio turinio* inventorizacijos (pridėti kontekstinį turinį, peržiūrėti kontekstinį turinį, redaguoti kontekstinį turinį, šalinti kontekstinį turinį) sąsajai realizuoti.



15 pav. Kontekstinio turinio klasių diagrama

2.1.7.1.4. Kliento paketas

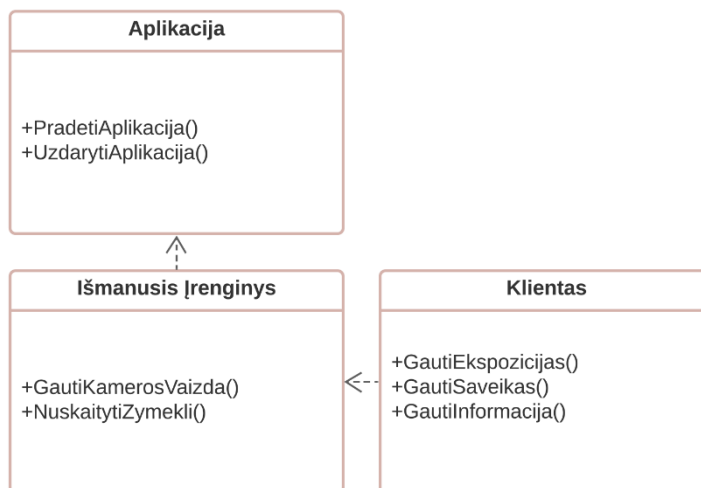
Paketas skirtas *Kliento* (Ekspozicijos paleistis, ekspozicijos pasirinkimas, ekspozicijos turinio parametų keitimas, programėlės uždarymas) sąsajai realizuoti.



16 pav. Kliento klasių diagrama

2.1.7.1.5. Sistemos paketas

Paketas skirtas *Sistemas* (Įrenginio pozicijos erdvėje nustatymas, išmaniojo įrengnio kameros vaizdo nuskaitymas) sąsajai realizuoti.



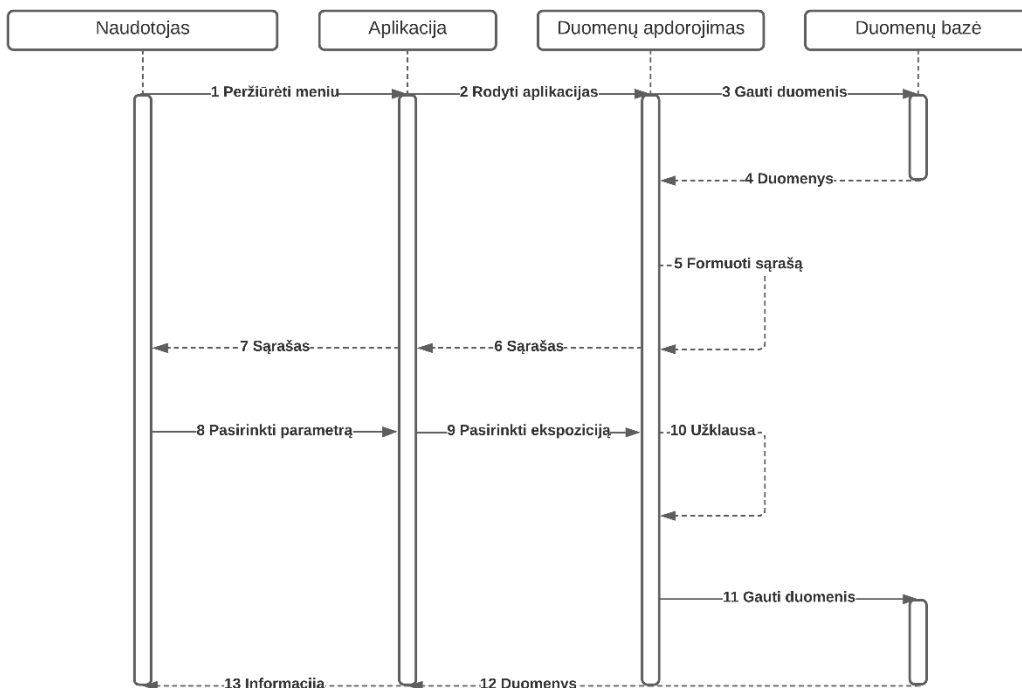
17 pav. Sistemos klasių diagrama

2.1.1. Sistemos dinaminis vaizdas

2.1.1.1. Sekų diagramos

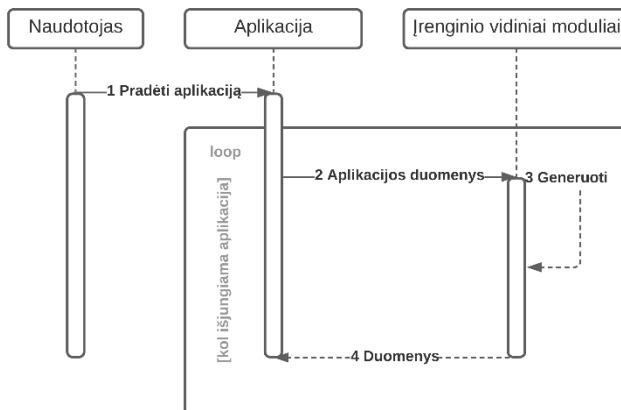
2.1.1.1. Sekų diagramos

Pateikiama papildytosios realybės programėles menu ir virtualios ekspozicijos peržiūros navigacijos sekų diagrama:



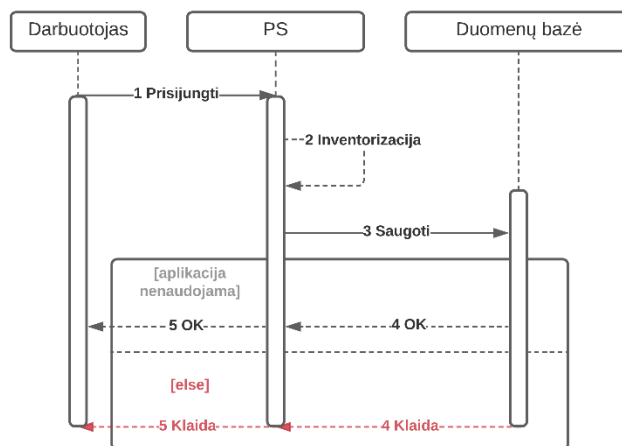
18 pav. Menu / ekspozicijos pasirinkimo veiklos diagrama

Pateikiama papildytosios realybės programėles paleisties sekų diagrama:



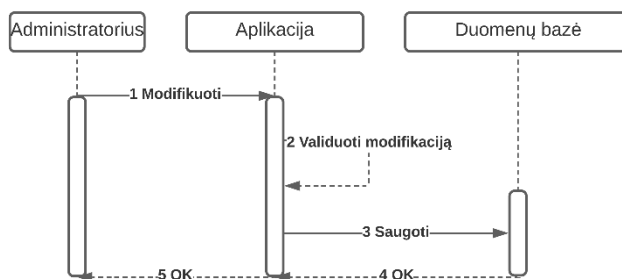
19 pav. Aplikacijos sekimo veiklos diagrama

Pateikiama papildytosios realybės programėles virtualaus kontekstinio turinio ir interaktyvios sąveikos programinio kodo bloką inventORIZACIJOS diagrama:



20 pav. Kontekstinio turinio inventORIZACIJOS veiklos diagrama

Pateikiama papildytosios realybės programėles virtualaus kontekstinio turinio ir interaktyvios sąveikos programinio kodo bloką inventORIZACIJOS modifikacijų diagrama:



21 pav. PS palaikymo veiklos diagrama

2.1.2. Apibendrinimas

„Programinės įrangos architektūra, skirta pasikartojantiems papildytosios realybės programėlių komponentams, orientuota ties dinamiu išplečiamumu bei našumu, tuo pačiu užtikrinant aukšto lygio konfigūravimą.“ [23] „Naudojant blokinę vizualinio programavimo sąsają, įgalinamas kontekstinio edukacinio turinio tiekimas (konfigūracijų, kitu atveju išpildomų programinio kodo pagalba grafinio variklio aplinkoje), nereikalaujant programuotojo išsilavinimo ar patirties.“ [24] „Kadangi, šiuo metu, Lietuvoje nėra sistemų, leidžiančių švietimo įstaigos darbuotojams patiems generuoti aktualų kontekstinį virtualų turinį, be IT srities specialisto bei taip pateiktą naują mokomąją medžiagą, taip siekiant įgalinti panašaus turinio programėlių naudojimą tarptautinėje rinkoje, tai bus pirmoji ir, kol kas, vienintelė panašaus tipo virtuali interaktyvi papildytosios realybės mokomoji programėlė.“ [25]

2.2. Reikalavimų specifikacija

2.2.1. Funkciniai reikalavimai ir reikalavimai duomenims

2.2.1.1. Funkciniai reikalavimai

- Tiesioginis naudotojas “Klientas” turi turėti galimybę pradėti pasirinktos virtualaus generuojamo turinio ekspozicijos programėlę.
- Tiesioginis naudotojas “Klientas” turi turėti galimybę žiūrėti pasirinktos virtualaus generuojamo turinio ekspozicijos programėlę.
- Tiesioginis naudotojas “Klientas” turi turėti galimybę interaktyviai sąveikauti su pasirinktos virtualaus generuojamo turinio ekspozicijos programėle.
- Tiesioginis naudotojas “Klientas” turi turėti galimybę keisti pasirinktos programėlės virtualaus generuojamo turinio ekspozicijos padėtį.
- Tiesioginio naudotojo ir virtualios generuojamo kontekstinio turinio ekspozicijos sąveika išpildo naujai integruojamos technologijos interaktyvios sąveikos galimybes.

2.2.1.2. Reikalavimai duomenims

- Reikalavimų nėra.

2.2.2. Nefunkciniai reikalavimai

2.2.2.1. Reikalavimai sistemos išvaizdai

- Produktas turėtų būti patrauklus jaunų / jaunų ir suaugusiųjų auditorijai.
- Produktas turi atrodyti patikimai.
- Produktas turi atitikti „AR Core“ arba prekės ženklo grafines išvaizdos standartus.

2.2.2.2. Reikalavimai panaudojamumui

- Norint pasiekti daugumą funkcijų, vartotojui turėtų reikėti atlikti tik kelis veiksmus.

2.2.2.3. Reikalavimai vykdymo charakteristikoms

- Produktas turi padėti vartotojui išvengti klaidų.
- Produktas turi skatinti vartotoją norėti jį naudoti.
- Produktą turi būti lengva išmokti naudoti jaunų / jaunų ir suaugusiųjų naudotojų auditorijai
- Jaunų / jaunų ir suaugusiųjų naudotojų auditorija turėtų galėti naudotis 95% platformos per 10 minučių nuo programėlės naudojimo pradžios, nesinaudojant „Pagalba” skiltimi.
- Produkte turi būti naudojami simboliai ir žodžiai, kuriuos natūraliai supranta vartotojų bendruomenė.
- Neapmokytas bet kokio režimo naudotojas turėtų sugebėti suprasti 99% bet kokių platformos simbolių ir žodžių.
- Produkto virtualios ekspozicijos programėlės informacija turi būti pateikiama rašytine forma
- Tiesioginiam naudotojui ekspozicijos informacija pateikiama ne tik rašytine, bet ir garsine forma.

2.2.3. Reikalavimai veikimo sąlygoms

- Programėlės atsakas turi būti pakankamai greitas, kad būtų išvengta vartotojo minčių pertraukimo.

2.2.4. Reikalavimai sistemos priežiūrai

- Produktas turi būti prieinamas visu konkrečios švietimo įstaigos darbo laiku
- Blogiausiu atveju, produktas turi būti prieinamas 99% konkrečios švietimo įstaigos darbo laiko per metus.
- Per vienerius metus sistema turi leisti inventorizuoti mažiausiai 3 naujo kontekstinio turinio virtualios ekspozicijos variantų.
- Produktą turi galėti aptarnauti jo galutiniai naudotojai arba atstovai, kurie nėra jo originalūs kūrėjai.
- Programėlė turi veikti „Android OS“ platformoje.

2.2.5. Reikalavimai saugumui

- Reikalavimų nėra.

2.2.6. Kultūriniai – politiniai reikalavimai

- Produktas negali būti įžeidžiantis religines ar etnines grupes.
- Produktas turi atitikti šalies, kurioje diegiamas produktas, kultūrinės tradicijas.
- Pagrindimas: Produktas turi neįžeisti bet kokios rasės, lyties ar kultūrinės kilmės atstovų.
- Produktas turi būti prieinamas bet kokios rasės, lyties ar kultūrinės kilmės atstovams.
- Produktas turi suteikti galimybę naudotis visomis funkcijomis konkrečios švietimo įstaigos generaliniam direktoriui ar savininkui.

2.2.7. Teisiniai reikalavimai

- Produktas turi išlaikyti savo originalumą ir jo platinti neleidžiama.
- Tiesioginis naudotojas turi būti baudžiamas bauda už sugadinta techninę įrangą.
- Tiesioginiam naudotojui nebus kompensuojama už jokių nelaimingų atsitikimų ar elgsenos pakitimus, patirtus naudojant produktą. Tiesioginis naudotojas turi laikytis gamintojo standartų ir iš anksto nustatytų taisyklių.
- Sistema turi atitikti konkrečios draudimo įstaigos standartus.
- Sistema turi atitikti švietimo, mokslo ir sporto ministerijos nurodytus standartus „Švietimo aprūpinimo standartai“.
- Sistema turi atitikti švietimo įstaigų nurodytus bendrus standartus „Bendrieji minimalūs reikalavimai, keliami muziejuose kaupiamiems ir saugomiems skaitmeniniams objektams ir juos aprašantiems metaduomenims“.

Detali specifikacija pateikiama skiltyje „Priedai“ (žr. 2 priedas „Reikalavimų specifikacija“).

3. Tiriamoji dalis

3.1. Įvadas

Magistro baigiamojo darbo metu buvo suplanuoti ir įgyvendinti 3 tipų tyrimai:

- Labiausiai įsisavinamo informacijos pateikimo tipo (tekstinis / garsinis / vaizdinis) tyrimas.
- Sistemos greitaveikos tyrimas.
- Sistemos naudojimo tyrimas.

Tiksliniai tyrimo dalyviai buvo KTU „Informatikos“ fakulteto esami ir buvę „Programų sistemos“ bakalauro studijų, „Informatikos inžinerija“, „Programų sistemų inžinerija“, „Nuotolinio mokymosi informacinės technologijos“ magistro studijų bei kitų fakultetų / studijų krypties studentai. Taip pat, tyrime dalyvavo su informacinėmis technologijomis nesusiję, ar kompiuterinio programavimo patirties neturintys asmenys. Šių tyrimų imties dydis buvo 10 dalyvių, 60% iš jų praeityje yra naudojęsi AR technologijomis, 40% – nėra. 70% tyrimo dalyvių buvo vyriškos lyties, 30% tyrimo dalyvių – moteriškos lyties. Dalyvių amžiaus vidurkis – 32 metai.

3.2. Pirmas tyrimas

3.2.1. Įžanga į tyrimą

Kiekvienas individas turi specifinį metodą ar metodų derinį, kuriuo informaciją įsisavina efektyviausiai (neįtraukiant kinestezinio metodo (kinestezinio metodo įgyvendinti, naudojant papildytosios realybės technologiją, neįmanoma)):

- Tekstinis metodas – geba efektyviausiai suvokti informaciją skaitant.
- Garsinis metodas – geba efektyviausiai suvokti informaciją klausantis garso takelių, paskaitų, ritmų, deklamuojant, dainuojant ar garsiai skaitant.
- Vaizdinis metodas – geba efektyviausiai suvokti informaciją matant vizualinius atvaizdus, diagramas, paveikslėlius, stebint, kaip tam tikrą veiksmą atlieka kitas asmuo.

3.2.2. Tyrimo užduotis

Užduoties tikslas – išbandyti 3 skirtingus (kiekvienam metodui išbandyti skiriama 60 sekundžių) informacijos pateikimo metodus (tekstinis, garsinis, vaizdinis), iš kuriu, po kiekvieno, praėjus 180 sekundžių, perskaitytus / išgirstus / pamatytus objektų pavadinimus nurodyta išvardinti eilės tvarka.

3.2.2.1. Tekstinis informacijos pateikimo metodas

Objektų pavadinimai pateikiami tekstiniu informacijos pateikimo metodu – tyrimo dalyvis perskaito pateiktus objektų pavadinimus: Siena, Durys, Knyga, Žolė, Elnias, Apelsinas, Varžtas, Skėtis, Pienas, Gitara.

3.2.2.2. Garsinis informacijos pateikimo metodas

Objektų pavadinimai pateikiami garsiniu informacijos pateikimo metodu – tyrimo dalyvis išgirsta pateiktus objektų pavadinimus: Kišenė, Alyva, Kaktusas, Kiaušinis, Voras, Tiltas, Akis, Ugnis, Arklys, Karūna.

Žodis „Kišenė“:



22 pav. Žodžio „Kišenė“ garso banga

Žodis „Alyva“:



23 pav. Žodžio „Alyva“ garso banga

Žodis „Kaktusas“:



24 pav. Žodžio „Kaktusas“ garso banga

Žodis „Kiaušinis“:



25 pav. Žodžio „Kiaušinis“ garso banga

Žodis „Voras“:



26 pav. Žodžio „Voras“ garso banga

Žodis „Tiltas“:



27 pav. Žodžio „Tiltas“ garso banga

Žodis „Akis“:



28 pav. Žodžio „Akis“ garso banga

Žodis „Ugnis“:



29 pav. Žodžio „Ugnis“ garso banga

Žodis „Arklys“:



30 pav. Žodžio „Arklys“ garso banga

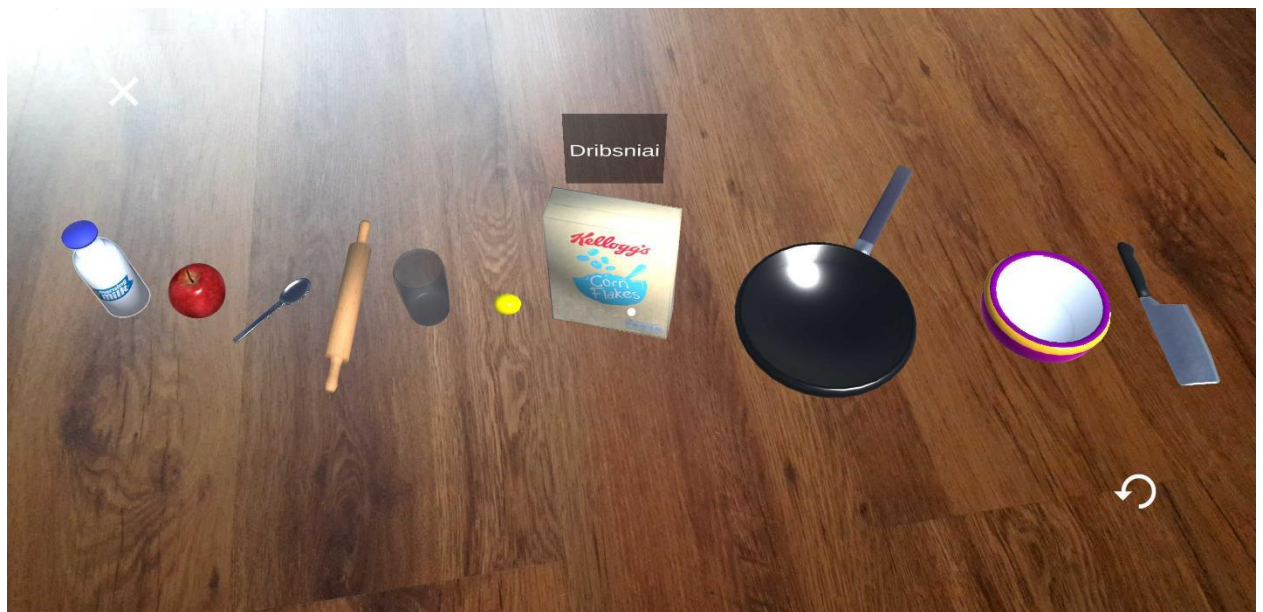
Žodis „Karūna“:



31 pav. Žodžio „Karūna“ garso banga

3.2.2.3. Vizualinis informacijos pateikimo metodas

Objektų pavadinimai pateikiami vizualiniu informacijos pateikimo metodu – tyrimo dalyvis pamato pateiktus objektų pavadinimus: Pienas, obuolys, Šaukštas, Kočėlas, Stiklinė, Citrina, Dribsniai, Keptuvė, Dubuo, Peilis.



32 pav. Objektų atvaizdavimas, naudojant papildytą realybę

3.2.3. Tyrimo hipotezė

Tyrimo dalyviai efektyviausiai įsisavina kontekstinę turinį jį skaitydami, matydami vizualinius atvaizdus, diagramas, paveikslėlius arba stebėdami, kaip, naudodamasis papildytos realybės programėle, interaktyviai sąveikauja su virtualiu turiniu kitas asmuo. Remiantis šia prielaida, suformuluota tyrimo hipotezė:

H1: Informacijos pateikimas efektyviausiai įsisavinamas, naudojant tekstinio ir vaizdinio metodų derinį (informacijos pateikimo metodas, naudojamas magistro baigiamojo darbo tyrimui atlikti sukurtoje ir sukonfigūruotoje programėlėje).

3.2.4. Hipotezės patikrinimas

Iškeltai hipotezei patikrinti, naudojamas tekstinio / garsinio / vizualinio informacijos pateikimo klausimynas, kuris yra pildomas tik po to, kai tyrimo dalyvis perskaitė / išklausė / pamatė konkrečios užduoties turinį ir nuo to laiko praėjo 180 sekundžių.

3.2.5. Tyrimo eiga

Prieš pradėdant vykdyti tyrimo užduotį, tyrimo dalyviai buvo supažindinti su paruoštomis tekstinio / garsinio / vizualinio informacijos pateikimo užduotimis bei vykdymo parametrais, nurodymais ir apribojimais (užduoties vykdymo laikas (objektų pavadinimų skaitymas / klausymas / žiūrėjimas) buvo apribotas 60 sekundžių).

Sėkmingai perskaičius / išgirdus / pamačius užduotyje minimus objektus, tyrimo dalyvis buvo nukreipiamas palaukti 180 sekundžių ir iškart po to užpildyti klausimyną (eilės tvarka surikiuoti objektus taip kaip buvo pateikta užduotyje), naudojant „Google Forms“ platformą, kur buvo nustatyti, kuris informacijos pateikimo būdas yra populiariausias / efektyviausiai įsisavinamas.

3.2.5.1. Tyrime naudota programinė įranga

Tyrimui atlikti buvo naudojama specialiai sukurta ir sukonfigūruota papildytosios realybės programėlė.

Daugiau informacijos apie magistro baigiamojo darbo tyrimui atlikti sukurta ir sukonfigūruota programėlė galima rasti skyriuje „Išdėstymo vaizdas“ (žr. skyrių 2.1.6 „Išdėstymo vaizdas“).

3.2.6. Tyrimo rezultatai

- Vizualinis informacijos pateikimo metodas (įverčių vidurkis: 9.71 (iš 10), įverčių mediana: 10 (iš 10), įverčių diapazonas: 8 - 10)
- Tekstinis informacijos pateikimo metodas (įverčių vidurkis: 8 (iš 10), įverčių mediana: 8 (iš 10), įverčių diapazonas: 5 - 10)
- Garsinis informacijos pateikimo metodas (įverčių vidurkis: 7 (iš 10), įverčių mediana: 6 (iš 10), įverčių diapazonas: 4 - 10)

Vizualinio metodo klausimyno teisingų atsakymų eiliškumas buvo sumaišytas 2 atvejais (4 atsakymo variantas su 5 atsakymo variantu ir 5 atsakymo variantas su 4 atsakymo variantu).

Tekstinio metodo klausimyno teisingų atsakymų eiliškumas buvo sumaišytas 8 atvejais (1 atsakymo variantas su 8 atsakymo variantu, 4 atsakymo variantas su 6 atsakymo variantu, 5 atsakymo variantas su 7 atsakymo variantu, 6 atsakymo variantas su 7 atsakymo variantu, 7 atsakymo variantas su 4 atsakymo variantu, 8 atsakymo variantu ir 9 atsakymo variantu, 8 atsakymo variantas su 1 atsakymo variantu, 7 atsakymo variantu ir 9 atsakymo variantu, 9 atsakymo variantas su 5 atsakymo variantu ir 8 atsakymo variantu, 10 atsakymo variantas su 6 atsakymo variantu).

Garsinio metodo klausimyno teisingų atsakymų eiliškumas buvo sumaišytas 8 atvejais (2 atsakymo variantas su 3 atsakymo variantu, 3 atsakymo variantas su 2 atsakymo variantu ir 4 atsakymo variantu, 4 atsakymo variantas su 3 atsakymo variantu ir 5 atsakymo variantu, 5 atsakymo variantas su 4 atsakymo variantu, 6 atsakymo variantu ir 7 atsakymo variantu, 6 atsakymo variantas su 5 atsakymo variantu, 7 atsakymo variantu ir 8 atsakymo variantu, 7 atsakymo variantas su 5 atsakymo variantu, 6 atsakymo variantu, 8 atsakymo variantu ir 9 atsakymo variantu, 8 atsakymo variantas su 6 atsakymo variantu, 7 atsakymo variantu ir 9 atsakymo variantu, 9 atsakymo variantu ir 8 atsakymo variantu).

3.2.7. Tyrimo apribojimai ir grėsmės

Tyrimo dalyviai gali susidurti su Programėlės naudojimo problemomis ar kitais techniniais nesklaidumais, o, kai kuriems dalyviams, šios technologijos naudojimas gali pasirodyti sudėtingas, dėl patirties stokos, naudojantis panašaus tipo įrenginiais. Gausus kontekstinio turinio kiekis dalyviams gali sukelti painiavą tarp virtualaus ir realaus pasaulių – sukelti kognityvinę perkrovą, ko pasekoje, tyrimo dalyvis gali jaustis sumišęs.

3.2.8. Tyrimo išvados

Tyrimo tikslas buvo nustatyti populiariausią / efektyviausią įsisavinamą informacijos pateikimo būdą, tinkamą naudoti papildytos realybės (AR) programėlėje. Buvo nustatyta tyrimo vykdymo metodika ir planas, duomenų rinkimo / apdorojimo ir informacijos analizės metodai. Duomenų analizė buvo pasitelkta išvadoms įvertinti, siekiant pagrįsti iškeltą hipotezę. Tyrimo rezultatai rodo, kad populiariausias / efektyviausias įsisavinamas informacijos pateikimo būdas buvo:

1. Vizualinis informacijos pateikimo metodas (įverčių vidurkis: 9.71 (iš 10))
2. Tekstinis informacijos pateikimo metodas (įverčių vidurkis: 8 (iš 10))
3. Garsinis informacijos pateikimo metodas (įverčių vidurkis: 7 (iš 10))

Tyrimo rezultatai rodo, kad efektyviausias informacijos pateikimo metodas yra vaizdinis ir tekstinis metodai. Tyrimo metu daugiausiai klaidų atsakant į klausimus numatyta eilės tvarka padaryta informaciją bandant įsisavinti naudojant garsinį informacijos pateikimo metodą.

3.3. Antras tyrimas

3.3.1. Įžanga į tyrimą

Programėlės greitaveika, dažniausiai, yra vienas svarbiausių faktorių - su pastebimais techniniais trikdžiais veikianti sistema gali prarasti potencialų naudotoją. To pasėkoje, greitaveikos ir naudojimo testavimas atliekamas užtikrinti sklandų programėlės funkcionavimą, siekiant išlaikyti tiesioginio naudotojo dėmesį ir susidomėjimą.

3.3.2. Tyrimo užduotis

Užduoties tikslas – išmatuoti sukurtos papildytosios realybės programėlės greitaveikos parametrus paskutiniuose 5 „Android OS“ versijų leidimuose (palaikomuose „Google AR Core Platformos“), naudojant kadru per sekundę skaitiklį (angl. Frames per second counter).

3.3.3. Tyrimo hipotezė

Papildytosios realybės mobilią programėlę turėtų sklandžiai veikti paskutiniuose 5 „Android OS“ versijų leidimuose (palaikomuose „Google AR Core“ platformos) be techninių trikdžių, greitaveikos nesklandumų ar technologijos naudojimo apribojimų. Remiantis šia prielaida, suformuluota tyrimo hipotezė:

H2: Sukurta papildytosios realybės programėlė sklandžiai veikia paskutiniuose 5 „Android OS“ versijų leidimuose (palaikomuose „Google AR Core“ platformos).

3.3.4. Hipotezės patikrinimas

Iškeltai hipotezei patikrinti, naudojamas kadru per sekundę skaitiklis (angl. Frames per second counter) sistemos greitaveikai nustatyti.

3.3.5. Tyrimo eiga

Kiekviename iš programėlės navigacijos puslapių / scenų (pagalbos meniu puslapis, ekspozicijų katalogo puslapis, ekspozicijos peržiūros puslapis, virtuali ekspozicijos peržiūros scena, vizualinio programavimo sąsaja) buvo patalpintas kadru per sekundę skaitiklis (angl. Frames per second counter) nustatyti kadru per sekundę vidurkį išmaniajame įrenginyje. Kiekviename individualiame programėlės puslapyje / scenoje kadru per sekundę (angl. Frames per second) rodmenys buvo fiksuojami 10 kartų. Tyrimui buvo naudojami 5 „Android OS“ įrenginiai:

3.3.5.1. Tyrime naudota programinė įranga

Tyrimui atlikti buvo naudojama specialiai sukurta ir sukonfigūruota papildytosios realybės programėlė.

Daugiau informacijos apie magistro baigiamojo darbo tyrimui atlikti sukurta ir sukonfigūruota programėlė galima rasti skyriuje „Išdėstymo vaizdas“ (žr. skyrių 2.1.6 „Išdėstymo vaizdas“).

3.3.6. Tyrimo rezultatai

Papildytos realybės programėlės puslapių / scenų kadru per sekundę įverčių vidurkiai individualiam mobiliajame telefone:

1 lentelė. Mobiliojo įrenginio kadru per sekundę įverčių vidurkiai

Mobilusis įrenginys \ Puslapis / scena	Pagalbos meniu puslapis	Ekspozicijų katalogo puslapis	Ekspozicijos peržiūros puslapis	Virtuali ekspozicijos peržiūros scena	Vizualinio programavimo sąsaja
Samsung Galaxy S8	59.959 fps	60.901 fps	59.905 fps	29.987 fps	29.988 fps
Samsung Galaxy A20e	60.067 fps	59.998 fps	59.603 fps	29.995 fps	29.905 fps
Xiaomi Mi 11 Ultra	59.974 fps	59.951fps	59.932 fps	29.933 fps	29.985 fps
Samsung Galaxy Note20	59.915 fps	59.948 fps	59.996 fps	29.967 fps	29.961 fps
Huawei Mate 20	59.947 fps	59.922 fps	59.928 fps	29.943 fps	29.906 fps

3.3.7. Tyrimo išvados

Tyrimo tikslas buvo nustatyti sukurtos papildytosios realybės programėlės greitaveikos parametrus paskutiniuose 5 „Android OS“ versijų leidimuose (palaikomuose „Google AR Core Platformos“), naudojant kadru per sekundę skaitiklį (angl. Frames per second counter) ir įvertinti, ar programėlė gali būti įdiegta / paleista bei naudojama be techninių trikdžių, greitaveikos nesklaidumų ar technologijos naudojimo apribojimų bet kuriame („Google AR Core“ platformos palaikomame) mobiliajame įrenginyje, kuris patenka į tiriamą „Android OS“ versijų diapazoną (8 – 12 versija). Buvo nustatyta tyrimo vykdymo metodika ir planas, duomenų rinkimo / apdorojimo ir informacijos analizės metodai. Duomenų analizė buvo pasitelkta išvadoms įvertinti, siekiant pagrįsti iškeltą hipotezę. Tyrimo rezultatai rodo, kad mažiausias mobiliojo įrenginio kadru per sekundę įverčių vidurkis puslapyje buvo:

- Pagalbos meniu puslapis: 59.915 fps (Samsung Galaxy Note20)
- Ekspozicijų katalogo puslapis: 59.922 fps (Huawei Mate 20)
- Ekspozicijos peržiūros puslapis: 59.905 fps (Samsung Galaxy S8)
- Virtuali ekspozicijos peržiūros scena: 29.933 fps (Xiaomi Mi 11 Ultra)
- Vizualinio programavimo sąsaja: 29.905 fps (Samsung Galaxy A20e)

Tyrimo rezultatai teigia, kad nė vieno mobiliojo įrenginio kadru per sekundę įverčių vidurkis standartinėse ir papildytos realybės scenose nebuvo mažesnis nei 59.905 fps ir 29.905 fps atitinkamai. Visu programėlės paleisties, naudojimo, navigacijos / perėjimų ir interaktyvios sąveikos metus, buvo išlaikomas pastovus ir patenkinamas kadru per sekundę skaičius. Remiantis gautais rezultatais, galima teigti, kad sukurta papildytosios realybės programėlė gali būti įdiegta / paleista bei naudojama be techninių trikdžių, greitaveikos nesklaidumų ar technologijos naudojimo apribojimų bet kuriame („Google AR Core“ platformos palaikomame) mobiliajame įrenginyje, kuris patenka į tiriamą „Android OS“ versijų diapazoną (8 – 12 versija).

3.4. Trečias tyrimas

3.4.1. Įžanga į tyrimą

Papildytosios realybės (AR) technologijų naudojimas edukacijoje – itin svarbi tema. AR technologija įgalina virtualaus kompiuterio generuoto kontekstinio turinio ir fizinio pasaulio interaktyvią sąveiką realiu laiku. Nors technologija nėra nauja, vis dėlto, papildytosios realybės taikymo švietime tyrimai – vis dar, ankstyvojoje stadijoje.

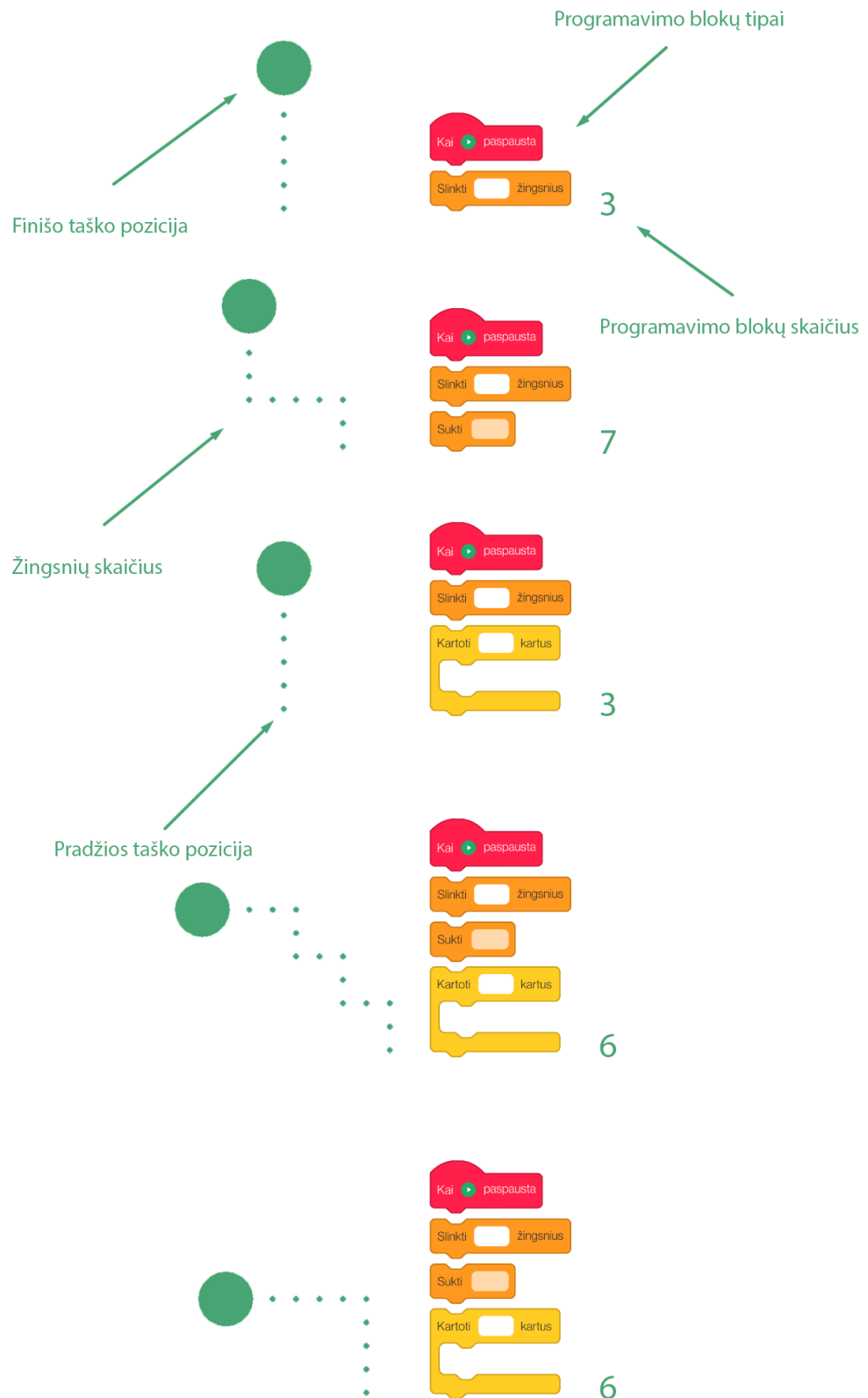
Papildytosios realybės naudojimas, palaipsniui, tampa vis labiau prieinamas dėl mobiliųjų technologijų tobulėjimo – AR technologijos naudojimui nebereikalingas specializuotas įrenginys, programėlę galima paleisti mobiliajame išmaniajame telefone. Dauguma žmonių dabar turi papildytosios realybės specifikaciją atitinkančius išmaniuosius įrenginius, šių įrenginių naudojimas gausiai išaugo, todėl sukuriama palanki terpė AR technologijų naudojimo augimui. To pasėkoje, mobiliųjų AR technologijų taikomųjų programų skaičius itin sparčiai auga.

Papildytosios realybės naudojimas, tikėtina, gali inicijuoti motyvaciją, susijusią su švietimu ir taip prisidėti prie vertingų akademinų pasiekimų visose mokslo srityse. Nėra pakankamai atliktų mokslinių tiriamųjų darbų, tiriančių papildytosios realybės technologijos indėlį švietime, tačiau yra galimybė ištirti papildytosios realybės potencialą ir prisidėti prie technologijos naudojimo skatinimo Lietuvos švietimo įstaigose.

Tyrimas buvo atliktas siekiant suprasti naudotojų (kurie turi kompiuterinio programavimo patirties ir kurie - ne) motyvacijos motyvus ir AR technologijų įtaką mokymosi kontekste. Poveikis naudotojų mokymosi motyvacijai buvo vertinamas, naudojant klausimyną, į kurio klausimus buvo atsakoma po naudojimosi specialiai šiems tyrimams sukurta AR mobiliąja programėle.

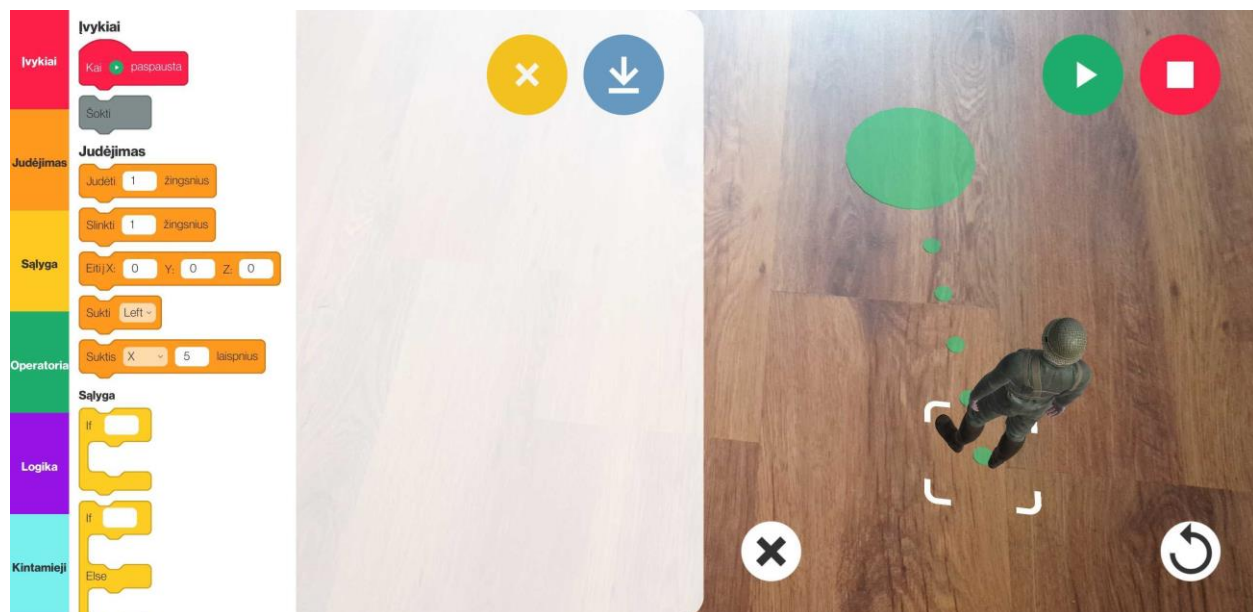
3.4.2. Tyrimo užduotis

Užduoties tikslas – naudojantis vizualine programavimo sąsaja, transformuoti virtualaus veikėjo poziciją į nurodytą finišo tašką. Kiekviena tyrimo užduotis turi apibrėžtus parametrus, kurių privalu paisyti, norint sėkmingai atlikti užduotį (žingsnių skaičius, programavimo blokų tipas, programavimo blokų skaičius).

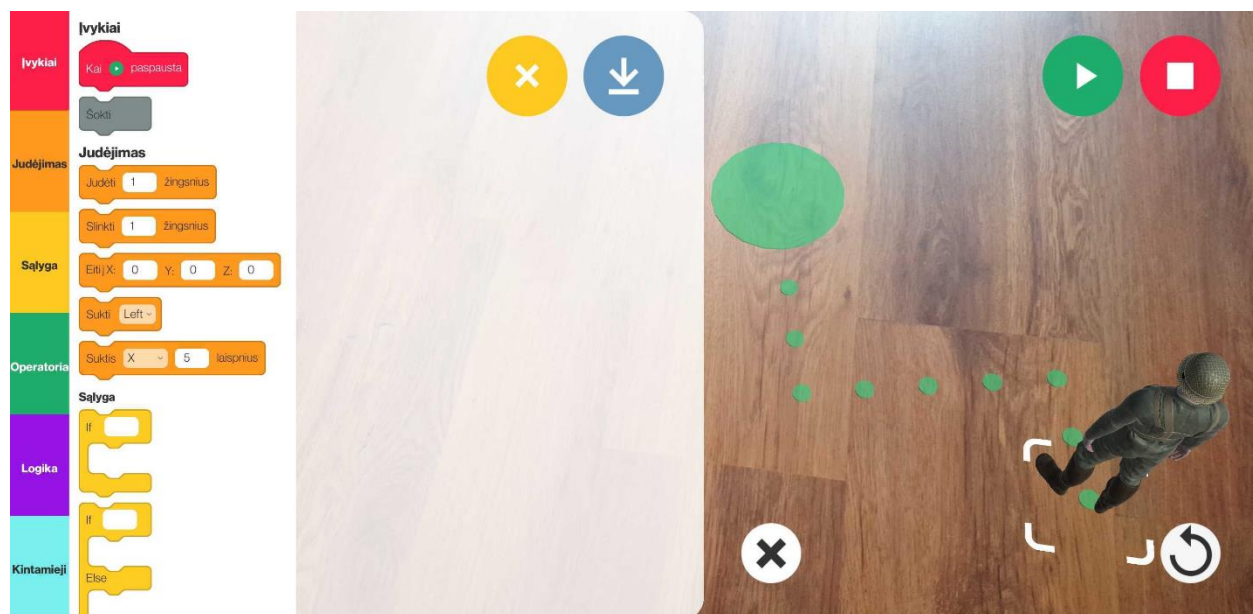


33 pav. Tyrimo užduoties parametrai

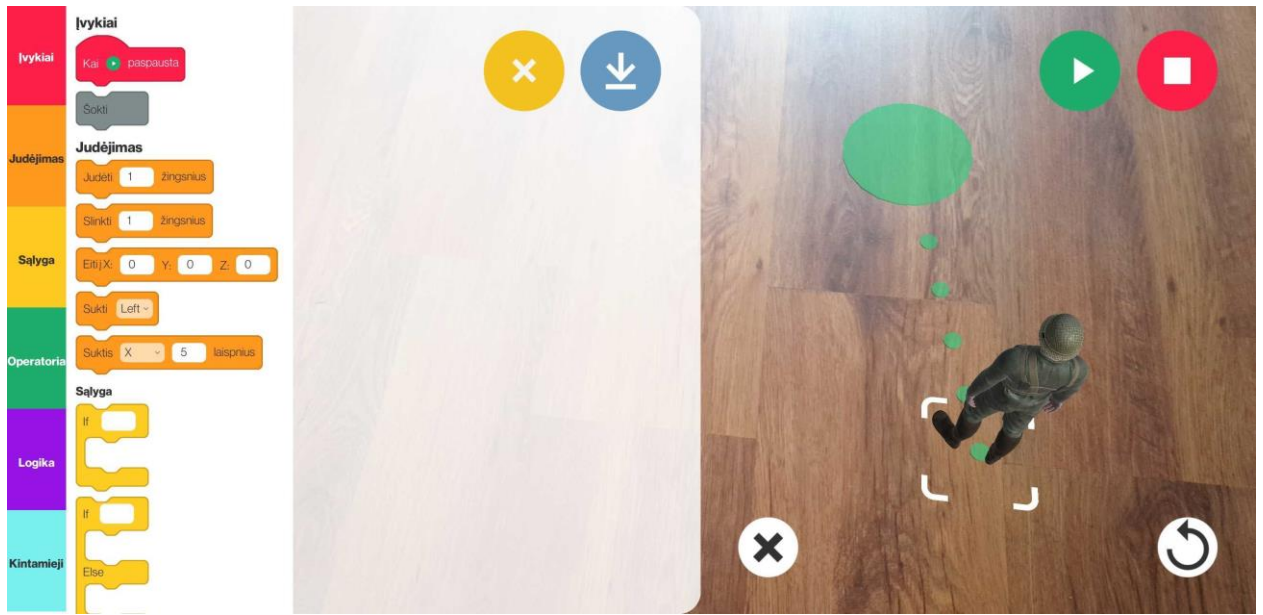
Tyrimą sudarė 5 užduoties lygiai:



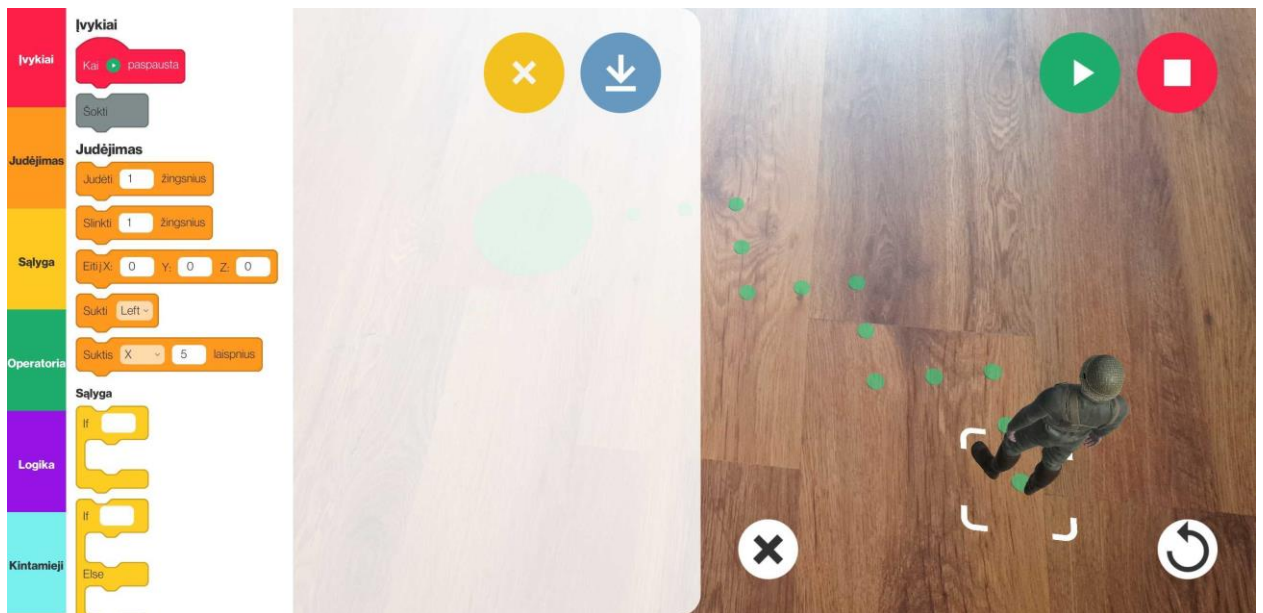
34 pav. Pirmas užduoties lygis



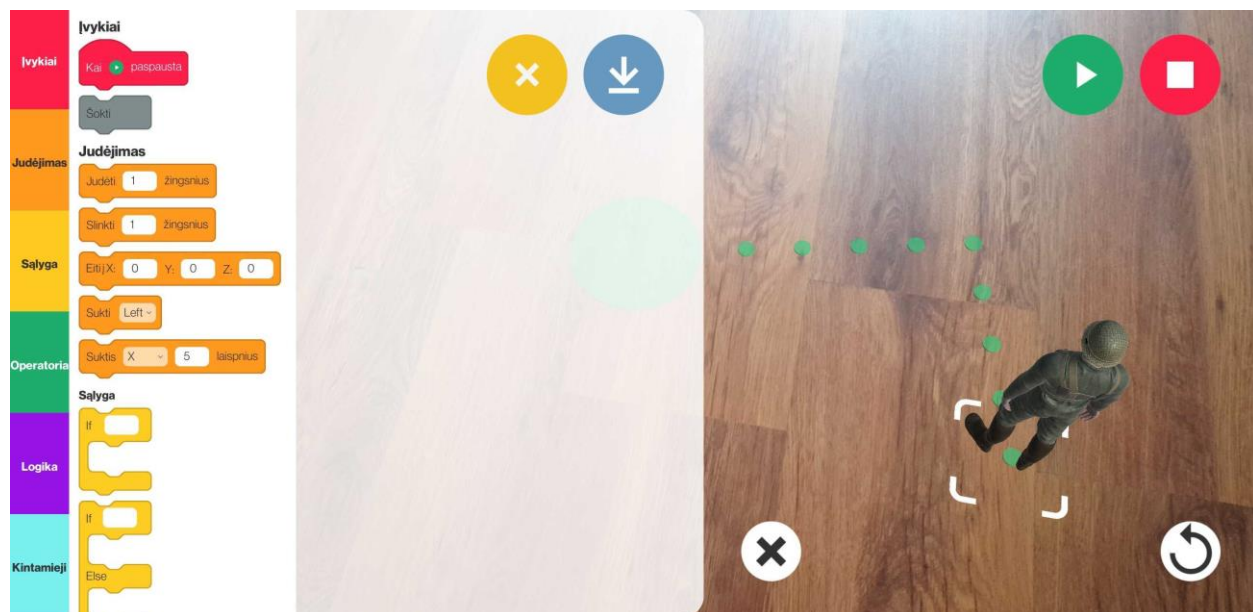
35 pav. Antras užduoties lygis



36 pav. Trečias užduoties lygis



37 pav. Ketvirtas užduoties lygis



38 pav. Penktas užduoties lygis

3.4.3. Tyrimo hipotezė

Tyrimo dalyvių motyvacijos faktorius kyla, interaktyviai sąveikaujant su kontekstiniu turiniu. Remiantis šia prielaida, suformuluota tyrimo hipotezė:

H3: Papildytosios realybės mobilios programėlės naudojimas turi teigiamos įtakos tyrimo dalyvių mokymosi motyvacijai, todėl naujos technologijos naudojimas (AR) nesukelia sunkumų tiesioginiam naudotojui.

3.4.4. Hipotezės patikrinimas

Iškeltai hipotezei patikrinti, naudojamas sistemos naudojimo klausimynas, kuris yra pildomas tik po to, kai tyrimo dalyvis sėkmingai atlieka užduotį / baigia naudotis papildytosios realybės programėle. Klausimynas yra orientuotas ištirti 4 faktorius, kurie lemia naudotojo motyvacijos lygį.

Iš kiekvieno faktoriaus klausimų grupės (dėmesio faktorius, aktualumo faktorius, pasitikėjimo faktorius, pasitenkinimo faktorius), išvedamas vidurkis, kuris pasitelkiamas įvertinti, ar konkretus faktorius teigiamai arba neigiamai paveikė tyrimo eigą, remiantis tyrimo dalyvių pateiktais atsakymais.

3.4.5. Tyrimo eiga

Visi tyrimo dalyviai užduoties atlikimui naudojami tuo pačiu išmaniuoju mobiliuoju „Samsung Galaxy S8“ įrenginiu, kuriama buvo įdiegta magistro baigiamojo darbo tyrimui atlikti sukurta ir sukonfigūruota papildytosios realybės programėlė – virtualaus kompiuterio generuoto kontekstinio mokomojo turinio (virtuali ekspozicija) pateikimas ir interaktyvi sąveika su juo, realiu laiku. Virtualiam kontekstiniam kompiuterio generuotam turiniu atvaizduoti buvo pasitelkti 2 papildytosios realybės atvaizdavimo būdai:

- Žymekliais grįsta papildytoji realybė – registruoto vaizdo atpažinimas.
- Vieta ar padėtimi grįsta papildytoji realybė – generuoto turinio atvaizdavimas naudojant vietos, padėties, GPS, kompasą, giroskopo ir akcelerometro duomenis.

Prieš pradėdant vykdyti tyrimo užduotį, tyrimo dalyviai buvo supažindinti su sukurtos papildytosios realybės programėlės savybėmis – kontekstinio turinio (vaizdinis ir tekstinis informacijos perteikimo būdas) perteikimo būdais, meniu navigacijos savybėmis, naudojimosi pagalbos meniu, vizualinės programavimo sąsajos veikimo ir vizualinio programinio kodo paleidimo / vykdymo principu bei užduoties vykdymo parametrais, nurodymais ir apribojimais (užduoties atlikimo laikas nebuvo ribojamas).

Sėkmingai atlikus užduotį / baigus naudotis programėle, tyrimo dalyvis buvo nukreipiamas užpildyti sistemos naudojimo klausimyną (žr. 1 priedą), naudojant „Google Forms“ platformą, kur buvo siekiama nustatyti tyrimo dalyvių patirtį konkrečiai atsižvelgianti į šiuos faktorius:

- Dėmesio faktorius (8 klausimai)
- Aktualumo faktorius (6 klausimai)
- Pasitikėjimo faktorius (8 klausimai)
- Pasitenkinimo faktorius (5 klausimai)

2 lentelė. Sistemos naudojimo klausimyno faktorių skirstymas į kategorijas

Dėmesio faktorius	Aktualumo faktorius	Pasitikėjimo faktorius	Pasitenkinimo faktorius
Klausimas nr. 2	Klausimas nr. 8	Klausimas nr. 1	Klausimas nr. 5
Klausimas nr. 7	Klausimas nr. 9	Klausimas nr. 3 *	Klausimas nr. 10
Klausimas nr. 11 *	Klausimas nr. 12	Klausimas nr. 4	Klausimas nr. 16
Klausimas nr. 13	Klausimas nr. 18	Klausimas nr. 6 *	Klausimas nr. 20
Klausimas nr. 15	Klausimas nr. 22	Klausimas nr. 14 *	Klausimas nr. 24
Klausimas nr. 17	Klausimas nr. 25	Klausimas nr. 19	
Klausimas nr. 21 *		Klausimas nr. 26 *	
Klausimas nr. 23 *		Klausimas nr. 27	

Pastaba: „*“ simboliu pažymėti klausimai gali būti vertinami atvirkštiniu būdu (1 = 5 ir 5 = 1).

Klausimyne, taip pat, buvo pateiktas klausimas, nustatyti tyrimo dalyvio patirtį su informacinėmis technologijomis ar kompiuteriniu programavimu. Sistemos naudojimo klausimyno klausimų žymėjimo / atsakymo laikas nebuvo ribojamas.

3.4.5.1. Tyrimo naudota programinė įranga

Tyrimui atlikti buvo naudojama specialiai sukurta ir sukonfigūruota papildytosios realybės programėlė.

Daugiau informacijos apie magistro baigiamojo darbo tyrimui atlikti sukurta ir sukonfigūruota programėlė galima rasti skyriuje „Išdėstymo vaizdas“ (žr. skyrių 2.1.6 „Išdėstymo vaizdas“).

3.4.6. Tyrimo rezultatai

Dėmesys – dėmesio faktorius buvo naudojamas tyrimo dalyvių dėmesio sutelkimui matuoti, atsižvelgiant į virtualų generuotą kontekstinį turinį, pateikiamą programėlėje. Vidutinis įvertis buvo 3.68 (iš 5). Tai teigia, kad tyrimo metu mobilioji programėlė gebėjo sėkmingai išlaikyti dalyvio dėmesį. Aukštas dėmesio faktoriaus įverčių vidurkis lemia padidėjusią motyvaciją.

Aktualumas - aktualumo faktorius buvo naudojamas virtualaus generuoto kontekstinio turinio, pateikiamo programėlėje, tinkamumo tyrimui atlikti / informaciją perteikti išmatuoti. Vidutinis įvertis buvo 3.69 (iš 5). Aktualumo faktoriaus įvertis gali būti siejamas su tuo, kad buvo parinkta tinkamas kontekstinis turinys, tikslinės tiriamosios grupės atžvilgiu.

Pasitikėjimas – pasitikėjimo faktorius buvo naudojamas įvertinti tyrimo dalyvių pasitikėjimą savo gebėjimais, naudojantis / interaktyviai sąveikaujant su virtualiu generuotu kontekstiniu turiniu, pateikiamu programėlėje. Vidutinis įvertis buvo 3.68 (iš 5). Tai rodo, kad tyrimo dalyviai jautėsi pasitikintys savo jėgomis ir suprantantys, kaip teisingai naudotis mobiliąja programėlė. Aukštas pasitikėjimo įverčių vidurkis teigia, kad mobilioji programėlė galėjo paskatinti tyrimo dalyvius įdėti pastangas, atliekant užduotis.

Pasitenkinimas – pasitenkinimo faktorius buvo naudojamas tyrimo dalyvių pasitenkinimui nustatyti, naudojantis / interaktyviai sąveikaujant su virtualiu generuotu kontekstiniu turiniu, pateikiamu programėlėje. Vidutinis įvertis buvo 3.96 (iš 5). Aukštas pasitenkinimo įvertis rodo, kad tyrimo dalyviai jautė pasitenkinimą / teigiamą grįžtamąjį atsaką, atlikę tyrimo užduotį. Pasitenkinimas gali būti įvardijamas kaip pasisekimo jausmas, pagyrimas ar net pramoga. Aukštas pasitenkinimo faktoriaus įverčių vidurkis rodo, kad tyrimo dalyviai mėgavosi naudodamiesi mobiliąja programėlė.

3.4.7. Tyrimo apribojimai ir grėsmės

Tyrimo dalyviai gali susidurti su programėlės naudojimo problemomis ar kitais techniniais nesklandumais, o, kai kuriems dalyviams, šios technologijos naudojimas gali pasirodyti sudėtingas, dėl patirties stokos, naudojantis panašaus tipo įrenginiais. Gausus kontekstinio turinio kiekis dalyviams gali sukelti painiavą tarp virtualaus ir realaus pasaulių – sukelti kognityvinę perkrovą, ko pasekoje, tyrimo dalyvis gali jaustis sumišęs.

3.4.8. Tyrimo išvados

Tyrimo tikslas buvo nustatyti papildytosios realybės mobiliosios programėlės poveikį informacinių technologijų ar kompiuterinio programavimo patirties turinčių ir neturinčių dalyvių mokymosi motyvacijai. Papildyta realybė (AR) apibrėžiama kaip virtualaus kompiuterio generuoto kontekstinio turinio ir realaus pasaulio apjungimas ir interaktyvi sąveika realiu laiku – o, pastarosios technologijos poveikis švietimo kontekste, tiriamas naudojant dėmesio, aktualumo, pasitikėjimo ir pasitenkinimo faktorių klausimyno modelį.

Buvo nustatyta tyrimo vykdymo metodika ir planas, duomenų rinkimo / apdorojimo ir informacijos analizės metodai. Duomenų analizė buvo pasitelkta išvadoms įvertinti, siekiant pagrįsti iškeltą hipotezę. Tyrimo rezultatai rodo, kad papildytosios realybės programėlės naudojimas turėjo teigiamą poveikį, atsižvelgiant į tyrimo dalyvių mokymosi motyvaciją – bendras surinktų tyrimo rezultatų bendras įvertis – 3.75 (iš 5):

- Dėmesio faktorius (3.68 (iš 5))
- Aktualumo faktorius (3.69 (iš 5))
- Pasitikėjimo faktorius (3.68 (iš 5))
- Pasitenkinimo faktorius (3.96 (iš 5))

Remiantis gautais pasitikėjimo faktoriaus įverčių rezultatais, galima teigti, kad tinkamai suprojektuota vartotojo sąsaja, gerai organizuota turinio informacija bei tinkamas pateikiamos informacijos kiekis nesukėlė sunkumų tyrimo dalyviams, nepaisant jų amžiaus ir patirties, su informacinėmis technologijomis ar kompiuteriniu programavimu.

Išvados

1. Atlikus tyrimą, buvo nuspręsta PS kurti mobiliams įrenginiams, kadangi išmanieji prietaisai užima didžiąją dalį rinkos, lyginant su kompiuteriais.
2. Kuriamai mobiliajai aplikacijai pasirinkti naudoti „Android OS“, kadangi ši platforma užima 87.7% visų mobiliųjų išmaniųjų įrenginių rinkos dalį.
3. Išmėginus kelis papildytosios realybės karkasus, buvo nuspręsta naudoti „Google AR Core“ (plokštumos nuskaitymo ir virtualaus pagrindo generavimo laikas – 541 ms.) sistema, kadangi pastaroji yra greitesnė ir stabilesnė, lyginant su „Vuforia Ground Plane“ sistema (plokštumos nuskaitymo ir virtualaus pagrindo generavimo laikas – 981 ms.).
4. Kadangi, kaip paaiškėjo technologijos analizės metu, šiuo metu, Lietuvoje nėra sistemų, leidžiančių švietimo įstaigoms darbuotojams patiems generuoti virtualų kontekstinį turinį be IT srities specialisto bei taip pateikti naują mokomąją medžiagą, to pasėkoje siekiant įgalinti panašaus turinio programėlių naudojimą tarptautinėje rinkoje, tai yra pirmoji ir, kol kas, vienintelė panašaus tipo virtuali interaktyvi papildytosios realybės mokomoji programėlė.
5. Pasiūlyta papildytos realybės programėlė, kurioje, naudojant blokinę vizualinio programavimo sąsają, įgalinamas kontekstinio edukacinio turinio tiekimas (konfigūracijų, kitu atveju išpildomų programinio kodo pagalba grafinio variklio aplinkoje), nereikalaujant programuotojo išsilavinimo ar patirties.
6. Pasiūlytiems metodams ir sukurtai papildytosios realybės programėlei įvertinti buvo suplanuotas ir įgyvendintas efektyviausio informacijos pateikimo metodo tyrimas. Remiantis gautais rezultatais galima teigti, kad efektyviausias informacijos pateikimo metodas yra vaizdinis (įverčių vidurkis: 9.71 (iš 10)) ir tekstinis (įverčių vidurkis: 8 (iš 10)) metodai – tas informacijos pateikimo metodų rinkinys, kuris yra įgyvendintas sukurtoje papildytos realybės programėlėje.
7. Pasiūlytiems metodams ir sukurtai papildytosios realybės programėlei įvertinti buvo suplanuotas ir įgyvendintas sistemos greitaveikos tyrimas. Remiantis gautais rezultatais galima teigti, kad sukurta papildytosios realybės programėlė gali būti įdiegta / paleista bei naudojama be techninių trikdžių, greitaveikos nesklaidymų ar technologijos naudojimo apribojimų bet kuriame („Google AR Core“ platformos palaikomame) mobiliajame įrenginyje (nė vieno mobiliojo įrenginio kardu per sekundę įverčių vidurkis standartinėse ir papildytos realybės scenose nebuvo mažesnis nei 59.905 fps ir 29.905 fps atitinkamai), kuris patenka į tiriamą „Android OS“ versijų diapazoną (8 – 12 versija).
8. Pasiūlytiems metodams ir sukurtai papildytosios realybės programėlei įvertinti buvo suplanuotas ir įgyvendintas sistemos naudojimo tyrimas. Remiantis gautais rezultatais galima teigti, kad papildytosios realybės programėlės naudojimas turėjo teigiamą poveikį, atsižvelgiant į tyrimo dalyvių mokymosi motyvaciją - bendras surinktų tyrimo rezultatų įvertis – 3.75 (iš 5), o tinkamai suprojektuota vartotojo sąsaja, gerai organizuota turinio informacija bei tinkamas pateikiamos informacijos kiekis nesukėlė sunkumų tyrimo dalyviams, nepaisant jų amžiaus ir patirties, su informacinėmis technologijomis ar kompiuteriniu programavimu.

Literatūros sąrašas

1. Kraujalis, G. Techninė dokumentacija ir licencija [Nepublikuotas darbas]. (2021). Informatikos fakultetas, Kauno Technologijos Universitetas.
2. Kraujalis, G. Techninė dokumentacija ir licencija [Nepublikuotas darbas]. (2021). Informatikos fakultetas, Kauno Technologijos Universitetas.
3. Kraujalis, G. Techninė dokumentacija ir licencija [Nepublikuotas darbas]. (2021). Informatikos fakultetas, Kauno Technologijos Universitetas.
4. Kamiri, H. & Hammad, A. Mobile Augmented Reality. (2004).
http://web.cs.wpi.edu/~gogo/courses/imgd5100_2012f/papers/Hollerer_AR_2004.pdf
5. Kraujalis, G. Techninė dokumentacija ir licencija [Nepublikuotas darbas]. (2021). Informatikos fakultetas, Kauno Technologijos Universitetas.
6. Mačernis, M. Objektinis programavimas: teorija, Java, Android. (2013).
<https://books.google.lt/books?id=pQUDDAAAQBAJ&pg=PA256&lpg=PA256&dq=scene+graph+struktura&source=bl&ots=a8oQNrY9C&sig=ACfU3U01gEcjkrQ7gV84QEIDaOaLb92ng&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwipk8SAtbXtAhXjyoKHbdGBT AQ6AEwD3oECBAQAg#v=onepage&q&f=false>
7. Azuma, R., T. A Survey of Augmented Reality. 4, 355-385 (1997).
<https://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>
8. Azuma, R., T. A Survey of Augmented Reality. 4, 355-385 (1997).
<https://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>
9. Azuma, R., T. A Survey of Augmented Reality. 4, 355-385 (1997).
<https://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>
10. Furht, B. Handbook of Augmented Reality. (2011).
https://books.google.lt/books?hl=en&lr=&id=fG8JUdrScsYC&oi=fnd&pg=PR3&dq=augmented+reality&ots=ifxdQAMc1x&sig=M5nCTiPtw3raDOmH9GN6yRwesZk&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
11. Kesim, M. & Ozarslan, Y. Augmented Reality in Education: Current Technologies and the Potential for Education. 297-302 (2012).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042812023907>
12. Livingston, M.A., Swan, J.E., Gabbard, J.L., Hollerer, T.H., Hix, D., Julier, S.J., Baillot, Y. & Brown, D. Resolving multiple occluded layers in augmented reality. (2003).
<https://ieeexplore.ieee.org/document/1240688>
13. Kraujalis, G. Techninė dokumentacija ir licencija [Nepublikuotas darbas]. (2021). Informatikos fakultetas, Kauno Technologijos Universitetas.

14. Kraujalis, G. Techninė dokumentacija ir licencija [Nepublikuotas darbas]. (2021). Informatikos fakultetas, Kauno Technologijos Universitetas.
15. Billinghurst, M., Weghorst, S. & Furness, T. Shared space: An augmented reality approach for computer supported collaborative work. *Virtual Reality* 3, 25–36 (1998).
<https://doi.org/10.1007/BF01409795>
16. Schmalstieg, D., Fuhrmann, A., Hesina, G. & Szalavari, Z. The Studierstube Augmented Reality Project. (2002). <https://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/105474602317343640>
17. Kurihara, A., Sasaki, A., Watika, K. & Hosebe, H. A Programming Environment for Visual Block-Based Domain-Specific Languages. (2015).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915025879>
18. Kraujalis, G. Techninė dokumentacija ir licencija [Nepublikuotas darbas]. (2021). Informatikos fakultetas, Kauno Technologijos Universitetas.
19. Kraujalis, G. Techninė dokumentacija ir licencija [Nepublikuotas darbas]. (2021). Informatikos fakultetas, Kauno Technologijos Universitetas.
20. Kraujalis, G. Techninė dokumentacija ir licencija [Nepublikuotas darbas]. (2021). Informatikos fakultetas, Kauno Technologijos Universitetas.
21. Kraujalis, G. Techninė dokumentacija ir licencija [Nepublikuotas darbas]. (2021). Informatikos fakultetas, Kauno Technologijos Universitetas.
22. Kraujalis, G. Techninė dokumentacija ir licencija [Nepublikuotas darbas]. (2021). Informatikos fakultetas, Kauno Technologijos Universitetas.
23. Kraujalis, G. Techninė dokumentacija ir licencija [Nepublikuotas darbas]. (2021). Informatikos fakultetas, Kauno Technologijos Universitetas.
24. Kraujalis, G. Techninė dokumentacija ir licencija [Nepublikuotas darbas]. (2021). Informatikos fakultetas, Kauno Technologijos Universitetas.
25. Kraujalis, G. Techninė dokumentacija ir licencija [Nepublikuotas darbas]. (2021). Informatikos fakultetas, Kauno Technologijos Universitetas.

Priedai

1 priedas. Sistemos naudojimo klausimynas

1. Kai pradėjau naudotis programėle, susidariau įspūdį, kad man nekils sunkumų.
2. Šioje programėlėje yra kažkas įdomaus, į ką atkreipiau dėmesį.
3. Šią medžiagą buvo sunkiau suprasti, nei aš tikėjausi.
4. Susipažinęs su programėle, jaučiausi įsitikinęs, jog žinau, ką turėčiau daryti.
5. Šios programėlės naudojimas suteikė pasitenkinimo jausmą.
6. Programėlėje tiek daug informacijos, kad buvo sunku išskirti ir prisiminti svarbius dalykus.
7. Programėlėje pateikiama medžiaga traukia akį.
8. Suprantu, kaip programėlėje pateikiama medžiaga gali būti svarbi / įdomi kitiems žmonėms.
9. Man buvo svarbu sėkmingai baigti šią programėlės užduotį.
10. Man taip patiko ši programėlė, kad norėčiau daugiau sužinoti apie šią temą.
11. Programėlėje pateikiama medžiaga atrodo neįdomi ir nepatraukliai.
12. Šios medžiagos turinys atitinka mano interesus.
13. Tai, kaip informacija išdėstyta puslapiuose, padėjo išlaikyti mano dėmesį.
14. Šios programėlės užduotys buvo per sudėtingos.
15. Šioje programėlėje yra dalykų, kurie paskatino mano smalsumą.
16. Man patiko naudotis šia programėle.
17. Programėlės užduočių kartojimas buvo įkyrus.
18. Šios programėlės turinys ir informacijos pateikimo stilius sukuria įspūdį, kad tai verta žinoti.
19. Kurį laiką padirbėjęs su šia programėle buvau tikras, kad galėsiu programėle naudotis savarankiškai.
20. Grįžtamasis ryšys teisingai atlikus užduotį man padėjo jaustis „apdovanotam“ už savo pastangas.
21. Informacijos pateikimo stilius nuobodus.
22. Šios programėlės turinį galėčiau susieti su dalykais, kuriuos mačiau, dariau ar apie kuriuos galvojau savo gyvenime.
23. Programėlėje tiek daug informacijos, jog tai erzina.
24. Buvo malonu sėkmingai baigti šios programėlės užduotis.
25. Šios programėlės turinys man bus naudingas.
26. Negalėjau suprasti šios programėlės medžiagos.
27. Geras turinio organizavimas padėjo man suprasti programėlės medžiagą.
28. Ar turite kompiuterinio programavimo patirties?

2 priedas. Reikalavimų specifikacija

Funkciniai reikalavimai ir reikalavimai duomenims

Funkciniai reikalavimai

Reikalavimas #:1	FR-3	Reikalavimo tipas:	V9	PA:	001
Aprašymas:	Tiesioginis naudotojas "Klientas" turi turėti galimybę pradėti pasirinktos virtualaus generuojamo turinio ekspozicijos programėlę.				
Pagrindimas:	PS kūrimas ir plėtojimas grindžiamas naujos technologijos integracijos į švietimo skyrių – tiesioginio vartotojo ir virtualios programėlės sąveika.				
Šaltinis:	Sistemos užsakovo atstovas V. Vardaitis				
Atitikimo kriterijus:	PS turi suteikti galimybę tiesioginiam vartotojui „Naudotojas“ pradėti programėlę.				
Užsakovo pasitenkinimas:	4	Užsakovo nepasitenkinimas:	4		
Prioritetas:	4	Konfliktai:	Nėra		
Istorija:	Sukurta: 2020-03-01				

Reikalavimas #:2	FR-3	Reikalavimo tipas:	V9	PA:	001
Aprašymas:	Tiesioginis naudotojas "Klientas" turi turėti galimybę žiūrėti pasirinktos virtualaus generuojamo turinio ekspozicijos programėlę.				
Pagrindimas:	PS turi suteikti galimybę tiesioginiam naudotojui "Klientas" žiūrėti virtualaus generuojamo turinio programėlę.				
Šaltinis:	Sistemos užsakovo atstovas V. Vardaitis				
Atitikimo kriterijus:	PS turi suteikti galimybę tiesioginiam vartotojui „Naudotojas“ žiūrėti programėlę.				
Užsakovo pasitenkinimas:	4	Užsakovo nepasitenkinimas:	5		
Prioritetas:	5	Konfliktai:	Nėra		
Istorija:	Sukurta: 2020-03-01				

Reikalavimas #:3	FR-3	Reikalavimo tipas:	V9	PA:	001
Aprašymas:	Tiesioginis naudotojas “Klientas” turi turėti galimybę interaktyviai sąveikauti su pasirinktos virtualaus generuojamo turinio ekspozicijos programėle.				
Pagrindimas:	PS turi įgalinti programėlės interaktyvią sąveiką su tiesioginiu naudotoju “Klientas”, tam, kad atitiktų PS kūrimo pagrindą				
Šaltinis:	Sistemos užsakovo atstovas V. Vardaitis				
Atitikimo kriterijus:	PS turi suteikti galimybę tiesioginiam vartotojui interaktyviai sąveikauti su programėle.				
Užsakovo pasitenkinimas:	3	Užsakovo nepasitenkinimas:	2		
Prioritetas:	3	Konfliktai:	Nėra		
Istorija:	Sukurta: 2020-03-01				

Reikalavimas #:4	FR-3	Reikalavimo tipas:	V9	PA:	001
Aprašymas:	Tiesioginis naudotojas “Klientas” turi turėti galimybę keisti pasirinktos programėlės virtualaus generuojamo turinio ekspozicijos padėtį.				
Pagrindimas:	Tiesioginio naudotojo ir virtualios generuojamo kontekstinio turinio ekspozicijos sąveika išpildo naujai integruojamos technologijos interaktyvios sąveikos galimybes				
Šaltinis:	Sistemos užsakovo atstovas V. Vardaitis				
Atitikimo kriterijus:	PS turi suteikti galimybę tiesioginiam vartotojui keisti virtualios generuojamo kontekstinio turinio ekspozicijos padėtį.				
Užsakovo pasitenkinimas:	2	Užsakovo nepasitenkinimas:	2		
Prioritetas:	2	Konfliktai:	Nėra		
Istorija:	Sukurta: 2020-03-01				

Reikalavimai duomenims

Reikalavimų nėra.

Nefunkciniai reikalavimai

Reikalavimai sistemos išvaizdai

Reikalavimas #:1	NFR-3	Reikalavimo tipas:	V9
Aprašymas:	Produktas turėtų būti patrauklus jaunų / jaunų ir suaugusiųjų auditorijai		
Pagrindimas:			
Šaltinis:	Savistaba		
Atitikimo kriterijus:	Suaugėliai / jauni suaugėliai turi turėti galimybę, be papildomos paskatos, sugebėti naudotis produktu per 5 minutes nuo pirmojo sąlyčio su juo		
Užsakovo pasitenkinimas:	4	Užsakovo nepasitenkinimas:	4
Prioritetas:	4	Konfliktai:	Nėra
Istorija:	Sukurta: 2020-03-01		

Reikalavimas #:2	NFR -3	Reikalavimo tipas:	V9
Aprašymas:	Produktas turi atrodyti patikimai		
Pagrindimas:			
Šaltinis:	Savistaba		
Atitikimo kriterijus:	Prekybos departamentas turi patvirtinti, kad produktas atitinka galiojančius standartus		
Užsakovo pasitenkinimas:	5	Užsakovo nepasitenkinimas:	4
Prioritetas:	5	Konfliktai:	Nėra
Istorija:	Sukurta: 2020-03-01		

Reikalavimas #:3	NFR -3	Reikalavimo tipas:	V9
Aprašymas:	Produktas turi atitikti „AR Core“ arba prekės ženklo grafinės išvaizdos standartus		
Pagrindimas:			
Šaltinis:	Savistaba		
Atitikimo kriterijus:	Prekybos departamentas turi patvirtinti, kad produktas atitinka galiojančius standartus		
Užsakovo pasitenkinimas:	5	Užsakovo nepasitenkinimas:	4
Prioritetas:	5	Konfliktai:	Nėra
Istorija:	Sukurta: 2020-03-01		

Reikalavimai panaudojamumui

Reikalavimas #:4	NFR -3	Reikalavimo tipas:	V9
Aprašymas:	Norint pasiekti daugumą funkcijų, vartotojui turėtų reikėti atlikti tik kelis veiksmus		
Pagrindimas:			
Šaltinis:	Savistaba		
Atitikimo kriterijus:	Po 1 karto kiekvienos programėlės funkcijos naudojimo, bet kuri pasirinkta programėlės funkcija turėtų būti įvykdyta per ne daugiau nei 3 minutes		
Užsakovo pasitenkinimas:	3	Užsakovo nepasitenkinimas:	4
Prioritetas:	3	Konfliktai:	Nėra
Istorija:	Sukurta: 2020-03-01		

Reikalavimai vykdymo charakteristikoms

Reikalavimas #:6	NFR -3	Reikalavimo tipas:	V9
Aprašymas:	Produktas turi padėti vartotojui išvengti klaidų		
Pagrindimas:			
Šaltinis:	Savistaba		
Atitikimo kriterijus:	Po 1 karto kiekvienos programėlės funkcijos naudojimo, bendras klaidų lygis yra mažesnis nei 1%, visiems naudotojų režimams		
Užsakovo pasitenkinimas:	4	Užsakovo nepasitenkinimas:	5
Prioritetas:	5	Konfliktai:	Nėra
Istorija:	Sukurtas: 2020-11-15		

Reikalavimas #:7	NFR -3	Reikalavimo tipas:	V9
Aprašymas:	Produktas turi skatinti vartotoją norėti jį naudoti		
Pagrindimas:			
Šaltinis:	Savistaba		
Atitikimo kriterijus:	Anoniminė apklausa turėtų parodyti, kad tiesioginiai naudotojai reguliariai naudoja produktą pakartotinai apsilankę švietimo įstaigoje, kur technologija reguliariai rodoma		
Užsakovo pasitenkinimas:	4	Užsakovo nepasitenkinimas:	5
Prioritetas:	5	Konfliktai:	Nėra
Istorija:	Sukurtas: 2020-11-15		

Reikalavimas #:8	NFR -3	Reikalavimo tipas:	V9
Aprašymas:	Produktą turi būti lengva išmokti naudoti jaunų / jaunų ir suaugusiųjų naudotojų auditorijai		
Pagrindimas:			
Šaltinis:	Savistaba		
Atitikimo kriterijus:	Jaunų / jaunų ir suaugusiųjų naudotojų auditorija turėtų galėti naudotis 95% platformos per 10 minučių nuo programėlės naudojimo pradžios, nesinaudojant „Pagalba” skiltimi		
Užsakovo pasitenkinimas:	5	Užsakovo nepasitenkinimas:	5
Prioritetas:	5	Konfliktai:	Nėra
Istorija:	Sukurtas: 2020-11-15		

Reikalavimas #:9	NFR -3	Reikalavimo tipas:	V9
Aprašymas:	Produkte turi būti naudojami simboliai ir žodžiai, kuriuos natūraliai supranta vartotojų bendruomenė		
Pagrindimas:			
Šaltinis:	Savistaba		
Atitikimo kriterijus:	Neapmokytas bet kokio režimo naudotojas turėtų sugebėti suprasti 99% bet kokių platformos simbolių ir žodžių		
Užsakovo pasitenkinimas:	4	Užsakovo nepasitenkinimas:	4
Prioritetas:	5	Konfliktai:	Nėra
Istorija:	Sukurtas: 2020-11-15		

Reikalavimas #:10	NFR -3	Reikalavimo tipas:	V9
Aprašymas:	Produkto virtualios ekspozicijos programėlės informacija turi būti pateikiama rašytine forma		
Pagrindimas:			
Šaltinis:	Savistaba		
Atitikimo kriterijus:	Tiesioginiam naudotojui „Naudotojas“ ekspozicijos informacija pateikiama ne tik rašytine, bet ir garsine forma		
Užsakovo pasitenkinimas:	5	Užsakovo nepasitenkinimas:	5
Prioritetas:	5	Konfliktai:	Nėra
Istorija:	Sukurtas: 2020-11-15		

Reikalavimai veikimo sąlygoms

Reikalavimas #:11	NFR -3	Reikalavimo tipas:	V9
Aprašymas:	Programėlės atsakas turi būti pakankamai greitas, kad būtų išvengta vartotojo minčių pertraukimo		
Pagrindimas:			
Šaltinis:	Savistaba		
Atitikimo kriterijus:	Į 90% užklausų programėlė turi atsakyti per mažiau nei 2 sekundes. Nė vienas atsakas neturėtų būti ilgesnis nei 3 sekundės.		
Užsakovo pasitenkinimas:	4	Užsakovo nepasitenkinimas:	4
Prioritetas:	5	Konfliktai:	Nėra
Istorija:	Sukurtas: 2020-11-15		

Reikalavimai sistemos priežiūrai

Reikalavimas #:12	NFR - 3	Reikalavimo tipas:	V9
Aprašymas:	Produktas turi būti prieinamas visu konkrečios švietimo įstaigos darbo laiku		
Pagrindimas:			
Šaltinis:	Savistaba		
Atitikimo kriterijus:	Blogiausiu atveju produktas turi būti prieinamas 99% konkrečios švietimo įstaigos darbo laiko per metus		
Užsakovo pasitenkinimas:	4	Užsakovo nepasitenkinimas:	4
Prioritetas:	5	Konfliktai:	Nėra
Istorija:	Sukurtas: 2020-11-15		

Reikalavimas #:13	NFR -3	Reikalavimo tipas:	V9
Aprašymas:	Per vienerius metus sistema turi leisti inventorizuoti mažiausiai 3 naujo kontekstinio turinio virtualios ekspozicijos variantų		
Pagrindimas:			
Šaltinis:	Savistaba		
Atitikimo kriterijus:			
Užsakovo pasitenkinimas:	4	Užsakovo nepasitenkinimas:	5
Prioritetas:	5	Konfliktai:	Nėra
Istorija:	Sukurtas: 2020-11-15		

Reikalavimas #:14	NFR -3	Reikalavimo tipas:	V9
Aprašymas:	Produktą turi galėti aptarnauti jo galutiniai naudotojai arba atstovai, kurie nėra jo originalūs kūrėjai		
Pagrindimas:			
Šaltinis:	Sistemos užsakovo atstovas V. Vardaitis		
Atitikimo kriterijus:	Produktas nesunkiai aptarnaujamas galutinių naudotojų arba atstovų, kurie nėra jo originalūs kūrėjai.		
Užsakovo pasitenkinimas:	3	Užsakovo nepasitenkinimas:	5
Prioritetas:	4	Konfliktai:	Nėra
Istorija:	Sukurtas: 2020-11-15		

Reikalavimas #:15	NFR -3	Reikalavimo tipas:	V9
Aprašymas:	Programėlė turi veikti „Android OS“ platformoje		
Pagrindimas:			
Šaltinis:	Sistemos užsakovo atstovas V. Vardaitis		
Atitikimo kriterijus:	Produktas veikia Android platformoje		
Užsakovo pasitenkinimas:	4	Užsakovo nepasitenkinimas:	5
Prioritetas:	5	Konfliktai:	Nėra
Istorija:	Sukurtas: 2020-11-15		

Reikalavimai saugumui

Reikalavimų nėra.

Kultūriniai – politiniai reikalavimai

Reikalavimas #:16	NFR -3	Reikalavimo tipas:	V9
Aprašymas:	Produktas negali būti įžeidžiantis religines ar etnines grupes.		
Pagrindimas:	Produktas negali būti įžeidžiantis religines ar etnines grupes.		
Šaltinis:	Savistaba		
Atitikimo kriterijus:	Produktas nėra įžeidžiantis religines ar etnines grupes.		
Užsakovo pasitenkinimas:	5	Užsakovo nepasitenkinimas:	5
Prioritetas:	5	Konfliktai:	Nėra
Istorija:	Sukurta: 2021-03-01		

Reikalavimas #:17	NFR -3	Reikalavimo tipas:	V9
Aprašymas:	Produktas turi atitikti šalies, kurioje diegiamas produktas, kultūrinės tradicijas.		
Pagrindimas:	Produktas turi neįžeisti bet kokios rasės, lyties ar kultūrinės kilmės atstovų.		
Šaltinis:	Savistaba		
Atitikimo kriterijus:	Kompiuterio generuotas virtualus kontekstinis turinys neįžeidžia bet kokios rasės, lyties ar kultūrinės kilmės atstovų.		
Užsakovo pasitenkinimas:	3	Užsakovo nepasitenkinimas:	3
Prioritetas:	3	Konfliktai:	Nėra
Istorija:	Sukurta: 2021-03-01		

Reikalavimas #:18	NFR -3	Reikalavimo tipas:	V9
Aprašymas:	Produktas turi būti prieinamas bet kokios rasės, lyties ar kultūrinės kilmės atstovams.		
Pagrindimas:	Nediskriminuoti jokios bendruomenės.		
Šaltinis:	Savistaba		
Atitikimo kriterijus:	Produktas neriboja jo naudojimo pagal bendruomenę, kuriai priklauso tiesioginis naudotojas.		
Užsakovo pasitenkinimas:	5	Užsakovo nepasitenkinimas:	5
Prioritetas:	5	Konfliktai:	Nėra
Istorija:	Sukurta: 2021-03-01		

Reikalavimas #:19	NFR -3	Reikalavimo tipas:	V9
Aprašymas:	Produktas turi suteikti galimybę naudotis visomis funkcijomis konkrečios švietimo įstaigos generaliniam direktoriui ar savininkui.		
Pagrindimas:	Produktas suteikia galimybę naudotis visomis funkcijomis konkrečios švietimo įstaigos generaliniam direktoriui ar savininkui.		
Šaltinis:	Savistaba		
Atitikimo kriterijus:	Produktas suteikia galimybę naudotis visomis funkcijomis konkrečios švietimo įstaigos generaliniam direktoriui ar savininkui.		
Užsakovo pasitenkinimas:	3	Užsakovo nepasitenkinimas:	4
Prioritetas:	3	Konfliktai:	Nėra
Istorija:	Sukurta: 2021-03-01		

Reikalavimas #:20	NFR -3	Reikalavimo tipas:	V9
Aprašymas:	Produktas turi išlaikyti savo originalumą ir jo platinti neleidžiama.		
Pagrindimas:	Laikytis autorių teisių įstatymo.		
Šaltinis:	Sistemos užsakovo atstovas V. Vardaitis.		
Atitikimo kriterijus:	Produktas nėra kopijuojamas ir negali būti atkurtas esamo gaminio rezultatas		
Užsakovo pasitenkinimas:	2	Užsakovo nepasitenkinimas:	4
Prioritetas:	5	Konfliktai:	Nėra
Istorija:	Sukurta: 2021-03-01		

Teisiniai reikalavimai

Reikalavimas #:21	NFR -3	Reikalavimo tipas:	V9
Aprašymas:	Produktas turi išlaikyti savo originalumą ir jo platinti neleidžiama.		
Pagrindimas:	Laikytis autorių teisių įstatymo.		
Šaltinis:	Sistemos užsakovo atstovas V. Vardaitis.		
Atitikimo kriterijus:	Produktas nėra kopijuojamas ir negali būti atkurtas esamo gaminio rezultatas		
Užsakovo pasitenkinimas:	2	Užsakovo nepasitenkinimas:	4
Prioritetas:	5	Konfliktai:	Nėra
Istorija:	Sukurta: 2021-03-01		

Reikalavimas #:22	NFR -3	Reikalavimo tipas:	V9
Aprašymas:	Tiesioginis naudotojas turi būti baudžiamas bauda už sugadinta techninę įrangą.		
Pagrindimas:	Laikytis netinkamo naudojimo bausmės įstatymo.		
Šaltinis:	Sistemos užsakovo atstovas V. Vardaitis.		
Atitikimo kriterijus:	Vartotojas sutaria dėl apmokėjimo už sugadintos techninės įrangos pakeitimą.		
Užsakovo pasitenkinimas:	5	Užsakovo nepasitenkinimas:	5
Prioritetas:	3	Konfliktai:	Nėra
Istorija:	Sukurta: 2021-03-01		

Reikalavimas #:23	NFR -3	Reikalavimo tipas:	V9
Aprašymas:	Tiesioginiam naudotojui nebus kompensuojama už jokių nelaimingų atsitikimų ar elgsenos pakitimus, patirtus naudojant produktą. Tiesioginis naudotojas turi laikytis gamintojo standartų ir iš anksto nustatytų taisyklių.		
Pagrindimas:	Laikytis vartotojo ir gaminio savininko tarpusavio atsakomybės įstatymų.		
Šaltinis:	Sistemos užsakovo atstovas V. Vardaitis.		
Atitikimo kriterijus:	Tiesioginis naudotojas laikosi produkto naudojimo politikos.		
Užsakovo pasitenkinimas:	3	Užsakovo nepasitenkinimas:	5
Prioritetas:	5	Konfliktai:	Nėra
Istorija:	Sukurta: 2021-03-01		

Reikalavimas #:24	NFR -3	Reikalavimo tipas:	V9
Aprašymas:	Sistema turi atitikti konkrečios draudimo įstaigos standartus.		
Pagrindimas:	Sistema turi atitikti konkrečios draudimo įstaigos standartus.		
Šaltinis:	Savistaba		
Atitikimo kriterijus:	Sistema atitinka konkrečios draudimo įstaigos standartus.		
Užsakovo pasitenkinimas:	3	Užsakovo nepasitenkinimas:	5
Prioritetas:	3	Konfliktai:	Nėra
Istorija:	Sukurta: 2021-03-01		

Reikalavimas #:25	NFR -3	Reikalavimo tipas:	V9
Aprašymas:	Sistema turi atitikti švietimo, mokslo ir sporto ministerijos nurodytus standartus „Švietimo aprūpinimo standartai“.		
Pagrindimas:	Sistema turi atitikti švietimo, mokslo ir sporto ministerijos nurodytus standartus „Švietimo aprūpinimo standartai“.		
Šaltinis:	Sistemos užsakovo atstovas V. Vardaitis.		
Atitikimo kriterijus:	Sistema atitinka švietimo, mokslo ir sporto ministerijos nurodytus standartus „Švietimo aprūpinimo standartai“.		
Užsakovo pasitenkinimas:	4	Užsakovo nepasitenkinimas:	4
Prioritetas:	3	Konfliktai:	Nėra
Istorija:	Sukurta: 2021-03-01		

Reikalavimas #:26	NFR -3	Reikalavimo tipas:	V9
Aprašymas:	Sistema turi atitikti švietimo įstaigų nurodytus bendrus standartus „Bendrieji minimalūs reikalavimai, keliami muziejuose kaupiamiems ir saugomiems skaitmeniniams objektams ir juos aprašantiems metaduomenims“.		
Pagrindimas:	Sistema turi atitikti švietimo įstaigų nurodytus bendrus standartus „Bendrieji minimalūs reikalavimai, keliami muziejuose kaupiamiems ir saugomiems skaitmeniniams objektams ir juos aprašantiems metaduomenims“.		
Šaltinis:	Sistemos užsakovo atstovas V. Vardaitis.		
Atitikimo kriterijus:	Sistema atitinka švietimo įstaigų nurodytus bendrus standartus „Bendrieji minimalūs reikalavimai, keliami muziejuose kaupiamiems ir saugomiems skaitmeniniams objektams ir juos aprašantiems metaduomenims“.		
Užsakovo pasitenkinimas:	4	Užsakovo nepasitenkinimas:	4
Prioritetas:	3	Konfliktai:	Nėra
Istorija:	Sukurta: 2021-03-01		

3 priedas. Programų sistemos perdavimo ir aprobavimo aktas

Įmonės atributai

PROGRAMŲ SISTEMOS PERDAVIMO IR APROBAVIMO AKTAS

202 2 m. Sausio 24 d.

Programų sistemos pavadinimas Edukacinio turinio pateikimo papildytoje realybėje sistema

Kūrinio tipas Edukacinio turinio pateikimo papildytoje realybėje sistema

Programų sistemos sukūrimo data 202 2 m. Sausio 24 d.

Kūrinio įteikimo UŽSAKOVUI data 202 2 m. Sausio 24 d.

Užsakovo arba trečiojo asmens kūrinio aprobavimo rezultatas:

Aplikacijos programinės įrangos architektūra skirta pasikartojantiems papildytosios realybės sisteminiams komponentams. Pastaroji orientuota ties dinaminio išplečiamumu bei našumu, tuo pačiu užtikrinant aukšto lygio konfigūravimą bei supaprastintą automatizuotų įrankių naudojimą konfigūracijoms kurti, naudojant blokinę vizualinio programavimo sąsają.

Kūrinio aprobavimo data 202 2 m. Sausio 24 d.

Kūrinio originalo saugotojas – Gvidas Kraujalis

AUTORIAI:

UŽSAKOVAS

Gvidas Kraujalis

Prof. Tomas Blažauskas

(vardas, pavardė)


(parašas)

(vardas, pavardė)


(parašas)