



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
INFORMATIKOS FAKULTETAS**

**Karolis Pleiris**

**MARŠRUTŲ REGISTRAVIMO IR STEBĖJIMO SISTEMŲ  
TYRIMAS**

Magistro projektas

**Vadovas**

Doc. dr. Eimutis Karčiauskas

**KAUNAS, 2015**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**INFORMATIKOS FAKULTETAS**  
**PROGRAMŲ INŽINERIJOS KATEDRA**

TVIRTINU

Katedros vedėjas  
(parašas) Doc. dr. Tomas Blažauskas  
(data)

**MARŠRUTŲ REGISTRAVIMO IR STEBĖJIMO SISTEMŲ**  
**TYRIMAS**

Magistro projektas  
**Programų sistemų inžinerija (kodas 621E16001)**

**Vadovas**

(parašas) Doc. dr. Eimutis Karčiauskas  
(data)

**Recenzentas**

(parašas) Doc. dr. Aleksas Riškus  
(data)

**Projektą atliko**

(parašas) Karolis Pleiris  
(data)

**KAUNAS, 2015**



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Informatikos

(Fakultetas)

Karolis Pleiris

(Studento vardas, pavardė)

Programų sistemų inžinerija, 621E16001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Maršrutų registravimo ir stebėjimo sistemų tyrimas“

### AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 15 m. Gegužės 25 d.  
Kaunas

Patvirtinu, kad mano Karolio Pleirio baigiamasis projektas tema „Maršrutų registravimo ir stebėjimo sistemų tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

\_\_\_\_\_  
(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

\_\_\_\_\_  
(parašas)

## TURINYS

Turinys .....	4
Paveikslų sąrašas.....	6
Lentelių sąrašas .....	7
1. Įvadas .....	9
1.1 Dokumento paskirtis.....	9
1.2 Santrauka.....	9
2. Analitinė dalis .....	10
2.1 Įvadas.....	10
2.2 Tikslas .....	10
2.3 Egzistuojantys sprendimai ir technologijos.....	10
2.4 Padėties nustatymas panaudojant GPS.....	11
2.4.1 Veikimo principas .....	11
2.4.2 Tikslumas ir paklaidų priežastys.....	12
2.5 Padėties nustatymas panaudojant Wi-Fi.....	13
2.5.1 Veikimo principas .....	13
2.5.2 Padėties nustatymo algoritmai .....	14
2.5.3 Tikslumas ir paklaidų priežastys.....	15
2.6 Padėties nustatymas panaudojant Bluetooth .....	16
2.6.1 Padėties nustatymo metodai.....	16
2.6.2 Tikslumas ir paklaidų priežastys.....	17
2.7 Padėties nustatymo technologijos ateityje.....	17
2.8 Egzistuojančios maršruto stebėjimo ir analizavimo programėlės .....	17
2.8.1 „Sports Tracker“ programėlė .....	18
2.8.2 „Sport Venture“ programėlė .....	19
2.8.3 „Runtastic PRO“ programėlė .....	19
2.8.4 „Endomondo“ programėlė .....	21
2.8.5 Išvardintų programėlių kokybės palyginimas .....	21
3. Projektinė dalis.....	23
3.1 Reikalavimų specifikacija .....	23
3.1.1 Sistemos funkcijos .....	23
3.1.2 Panaudojimo atvejų sąrašas .....	23
3.2 Funkciniai reikalavimai ir reikalavimai duomenims.....	25
3.2.1 Funkciniai reikalavimai.....	25
3.2.2 Reikalavimai duomenims.....	30
3.3 Sistemos statinis vaizdas .....	31
3.3.1 Sistemos paketai.....	31
3.3.2 Paketų detalizavimas.....	31
3.4 Sistemos dinaminis vaizdas.....	36

3.4.1	Sąveikos diagramos.....	36
3.4.2	Bendradarbiavimo diagrama .....	42
3.4.3	Būsenų diagramos .....	42
3.4.4	Veiklos diagramos.....	45
3.5	Duomenų vaizdas .....	48
4.	Tyrimo dalis .....	49
4.1	Tyrimo tikslas.....	49
4.2	Maršrutų registravimo ir stebėjimo sistemos veikimo principas.....	49
4.3	Tyrimo aprašymas .....	50
4.4	Tyrimo eiga .....	51
5.	Eksperimentinė dalis .....	53
5.1	Įvadas.....	53
5.2	Eksperimentams naudota įranga.....	53
5.3	Eksperimentas Nr. 1 .....	53
5.3.1	Bandymo Nr. 1 rezultatai .....	53
5.3.2	Bandymo Nr. 2 rezultatai .....	55
5.3.3	Bandymo Nr. 3 rezultatai .....	56
5.4	Eksperimentas Nr. 2 .....	58
5.4.1	Bandymo Nr. 1 rezultatai .....	58
5.4.2	Bandymo Nr. 2 rezultatai .....	60
5.5	Eksperimentų rezultatų apibendrinimas .....	61
5.6	Galimi maršrutų registravimo ir stebėjimo sistemos patobulinimai .....	62
6.	Išvados .....	63
7.	Literatūra.....	64
8.	Terminų ir santrumpų žodynas .....	66

## PAVEIKSLŲ SARAŠAS

1 pav. Signalai, surinkti iš kelių palydovų, naudojami buvimo vietos apskaičiavimui .....	12
2 pav. GPS palydovų kosminis segmentas.....	12
3 pav. Mabiliojo įrenginio padėties nustatymo principas, panaudojant Wi-Fi technologijas [13].....	14
4 pav. Sporto salė su pažymėtomis matavimo vietomis, radijo žemėlapiu sudarymui [2] .....	15
5 pav. „Multi-trilateration“ ir „Fingerprinting“ algoritmų paklaidų matavimo rezultatai [3] .....	16
6 pav. „Sports Tracker“ programėlė [16].....	18
7 pav. „Sport Venture“ programėlė [17].....	19
8 pav. „Runtastic PRO“ programėlė [18].....	20
9 pav. „Endomondo“ programėlė [19].....	21
10 pav. Sistemos panaudos atvejų diagrama.....	23
11 pav. Duomenų modelio diagrama .....	30
12 pav. Sistemos suskaidymas į paketus.....	31
13 pav. Paketas „Vartotojai“ .....	31
14 pav. Paketas „Informacijos apdorojimas“ .....	32
15 pav. Paketas „GPS“ .....	32
16 pav. Paketas „Informacijos atvaizdavimas“ .....	33
17 pav. Paketas „Duomenys“ .....	33
18 pav. Paketas „Nustatymai“ .....	34
19 pav. Paketas „Informacijos patalpinimas internete“ .....	34
20 pav. Paketas „Svetainės vartotojai“ .....	34
21 pav. Paketas „Operacijos“ .....	35
22 pav. Paketas „Administravimas“ .....	35
23 pav. Paketas „Svetainės duomenys“ .....	35
24 pav. „Sėkti maršrutą“ sekos diagrama .....	36
25 pav. „Matuoti judėjimo parametrus“ sekos diagrama .....	37
26 pav. „Peržiūrėti įveiktų maršrutų informaciją“ sekos diagrama .....	38
27 pav. „Keisti nustatymus“ sekos diagrama .....	39
28 pav. „Peržiūrėti duomenis“ sekos diagrama .....	40
29 pav. „Palyginti duomenis su kitų vartotojų duomenimis“ sekos diagrama.....	41
30 pav. „Sukurti vartotoją“ bendradarbiavimo diagrama .....	42
31 pav. „Sėkti maršrutą“ būsenų diagrama .....	42
32 pav. „Matuoti judėjimo parametrus“ būsenų diagrama .....	43
33 pav. „Peržiūrėti įveiktų maršrutų informaciją“ būsenų diagrama.....	43
34 pav. „Keisti nustatymus“ būsenų diagrama .....	44
35 pav. „Peržiūrėti duomenis“ būsenų diagrama .....	44
36 pav. „Palyginti duomenis su kitų vartotojų duomenimis“ būsenų diagrama .....	45
37 pav. „Sėkti maršrutą“ veiklos diagrama.....	45
38 pav. „Matuoti judėjimo parametrus“ veiklos diagrama .....	46
39 pav. „Peržiūrėti įveiktų maršrutų informaciją“ veiklos diagrama.....	46
40 pav. „Keisti nustatymus“ veiklos diagrama .....	47
41 pav. „Peržiūrėti duomenis“ veiklos diagrama .....	47
42 pav. „Palyginti duomenis su kitų vartotojų duomenimis“ veiklos diagrama .....	48
43 pav. Duomenų bazės schema .....	48
44 pav. Programėlės langas skaičiuojant vartotojo judėjimo parametrus .....	49
45 pav. Programėlės langas sudarinėjant maršrutą .....	50
46 pav. Telefono padėties kitimas bandymo miške metu .....	54
47 pav. Bandymo miške paklaidų histograma .....	55
48 pav. Padėties kitimas bandymo metu miesto gatvėje.....	55
49 pav. Bandymo miesto gatvėje paklaidų histograma.....	56
50 pav. Padėties kitimas bandymo metu atviroje aplinkoje.....	57
51 pav. Bandymo atviroje aplinkoje paklaidų histograma.....	58
52 pav. Bandymo mieste maršruto nuokrypis originalo atžvilgiu .....	59

53 pav. Maršruto bandymo mieste paklaidų histograma .....	60
54 pav. Bandymo pamiškėje maršruto nuokrypis originalo atžvilgiu .....	60
55 pav. Bandymo pamiškėje paklaidų histograma.....	61

### **LENTELIŲ SĄRAŠAS**

Lentelė 1 Programinės įrangos kokybės parametrai .....	22
Lentelė 2 Egzistuojančių sistemų kokybės įvertinimas .....	22
Lentelė 3 Bandymo miške rezultatų suvestinė.....	54
Lentelė 4 Bandymo miesto gatvėje rezultatų suvestinė .....	56
Lentelė 5 Bandymo atviroje aplinkoje rezultatų suvestinė .....	57
Lentelė 6 Maršruto bandymo mieste rezultatų suvestinė.....	59
Lentelė 7 Maršruto bandymo pamiškėje rezultatų suvestinė .....	61

Pleiris, K. „Maršrutų registravimo ir stebėjimo sistemų tyrimas“. Programų sistemų inžinerijos magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Eimutis Karčiauskas; Kauno technologijos universitetas, Informatikos fakultetas, Programų inžinerijos katedra.

Kaunas, 2015. 66 psl.

## **SUMMARY**

In this master thesis the research of route recording and tracking systems is carried out. This document contains a brief description of software that was created during master study and the main purpose of this software. The analysis of most popular positioning technology is also presented, as well as the comparison of similar and already existing systems. Furthermore the most important aspects of the implementation of the system are presented: the basic functions of the system, system requirements, static and dynamic images of the system and system data view. The research part contains data of the accuracy functioning in various environments of the system that was created during the master study and the experiment part presents results of all experimental tests. The document end presents conclusions of the master thesis and the reference list.



## **1. ĮVADAS**

### **1.1 Dokumento paskirtis**

Šis dokumentas yra programų sistemų inžinerijos studijų baigiamasis magistro darbas. Jis yra skirtas aprašyti studijų metu sukurtą maršrutų registravimo ir stebėjimo programų sistemą, įvardinti jos pagrindines funkcijas bei esminius architektūrinius aspektus. Taip pat, šiame dokumente yra pateikiama projekto analitinė, kurioje yra išanalizuojamos įvairios padėties nustatymo technologijos bei apžvelgiamos panašios egzistuojančios maršrutų analizavimo ir sekimo sistemos. Galiausiai, dokumento pabaigoje yra pateikiamas magistrinio darbo tyrimas ir gauti eksperimentų rezultatai.

### **1.2 Santrauka**

Šiame magistriniame darbe yra atliekamas maršruto registravimo ir stebėjimo sistemų tyrimas. Dokumente yra trumpai aprašoma magistrinio darbo metu sukurta programų sistema ir jos pagrindinis tikslas. Taip pat, yra pateikiama populiariausių padėties nustatymo technologijų analizė bei apžvelgiamos egzistuojančios panašios maršrutų analizavimo ir sekimo sistemos. Toliau yra pateikiami svarbiausi sistemos įgyvendinimo aspektai: pagrindinės sistemos funkcijos, reikalavimai, statiniai ir dinaminiai sistemos vaizdai bei sistemos duomenų vaizdas. Dokumento tyrimo dalyje yra aprašomas magistrinio darbo metu sukurtos sistemos veikimo tikslumo įvairiose aplinkose tyrimas, o eksperimentinėje dalyje yra pateikiami atliktų eksperimentų bandymų rezultatai. Dokumento pabaigoje yra pateikiamos magistrinio darbo išvados ir naudotos literatūros sąrašas.

## **2. ANALITINĖ DALIS**

### **2.1 Įvadas**

Labai daug žmonių visame pasaulyje vengia užsiimti sportine veikla, todėl dauguma nesportuojančių žmonių kenčia nuo įvairių negalavimų, nugaros skausmų, nutukimo. Siekiant pritraukti kuo daugiau žmonių sportuoti, šiuo metu yra vykdomos įvairios sveikatingumo iniciatyvos.

Viena iš tokių iniciatyvų yra motyvuoti žmones sportuoti, įvedant žaidybinius elementus į įvairias sportavimo programas, panaudojant išmaniuosius įrenginius. Dažniausias pasitaikantis šių sportavimo programų uždavinys – maršrutų registravimas ir sportuojančių žmonių sekimas, panaudojant išmaniuosiuose įrenginiuose esančias padėties nustatymo priemones (Pvz.: GPS). Žmogus turėdamas su savimi išmanųjį telefoną ir sportuodamas, už savo pasiekimus būtų apdovanojamas įvairiais taškais, kuriuos galėtų patalpinti interneto svetainėje ir palyginti gautus rezultatus su kitais žmonėmis. Taip pat, vartotojas galėtų telefone peržiūrėti įvairius savo judėjimo parametrus (vidutinį greitį, užtruktą laiką, nubėgtą atstumą ar apibėgtų ratų skaičių).

### **2.2 Tikslas**

Pagrindinis maršrutų stebėjimo ir registravimo sistemos tikslas yra skatinti žmones sportuoti. Šio tikslo įgyvendinimui yra naudojami žaidybiniai elementai, kurių dėka sportuojantis programos vartotojas, už įveiktus įvairius maršrutus ir atliktas treniruotes yra apdovanojamas taškais. Gautus taškus vartotojas gali patalpinti sistemos interneto svetainėje bei ten peržiūrėti kitų žmonių pasiekimus ir taip save motyvuoti siekti geresnių rezultatų.

Taip pat, sistemos pagalba analizuojama bei registruojama vartotojo atliekamų treniruočių ir įveikiamų maršrutų informacija. Surenkama informacija perteikiama vartotojui realiu laiku telefono ekrane. Taip pat, surinktą ir išsaugotą statistiką vartotojas gali bet kada peržiūrėti jam patogiu formatu: įvairiuose sąrašuose arba diagramose.

### **2.3 Egzistuojantys sprendimai ir technologijos**

Norint sukurti kiek įmanoma kokybiškesnę programų sistemą skirtą sportuojančių žmonių motyvavimui, jų įveikto maršruto sekimui, registravimui ir analizavimui, iš pradžių turime iširti esančias padėties nustatymo technologijas, suprasti šių technologijų veikimą ir galimybes.

Šiuo metu egzistuoja labai platus vietą nustatančių technologijų ratas. Tačiau, nors ir koks būtų didelis šių technologijų pasirinkimas, visiškai tobulos technologijos nėra, visos jos turi savų pliusų ir minusų. Kai kurios technologijos teikia labai tikslius rezultatus, kai kurios veikia tik tam tikrose aplinkose ar esant tam tikroms sąlygoms, todėl yra būtina būti susipažinus bent su populiariausiomis iš jų norint sukurti tinkamą programinę įrangą.

Viena iš populiariausių ir plačiausiai naudojamų padėties nustatymo technologijų yra Globali padėties nustatymo sistema arba trumpiau GPS. Ši sistema labai gerai ir gana greitai nustato buvimo

vietą ir yra labai tiksli daugumoje situacijų, nustatant buvimo vietą lauke. Tačiau, dėl labai didelių palydovų signalų praradimų įvairiuose pastatuose, atsirandančių signalui prastai prasiskverbiant per įvairias medžiagas, GPS panaudojimas įvairiose patalpose ar uždaroje aplinkose tampa beveik neįmanomas. Norint nustatyti buvimo vietą įvairiose patalpose ar uždaroje aplinkose yra naudojamos kitokios technologijos, kurios skleidžia kitokius signalus, tai: Wi-Fi, Bluetooth, infraraudonieji spinduliai, ultragarsas ir t.t. Iš visų išvardintų technologijų, Wi-Fi ir Bluetooth technologijos yra pačios populiariausios nustatant padėtį uždaroje erdvėje, dėl nedidelės šių technologijų įgyvendinimo kainos ir plataus mobiliųjų įrenginių, palaikančių šias technologijas pasirinkimo [10].

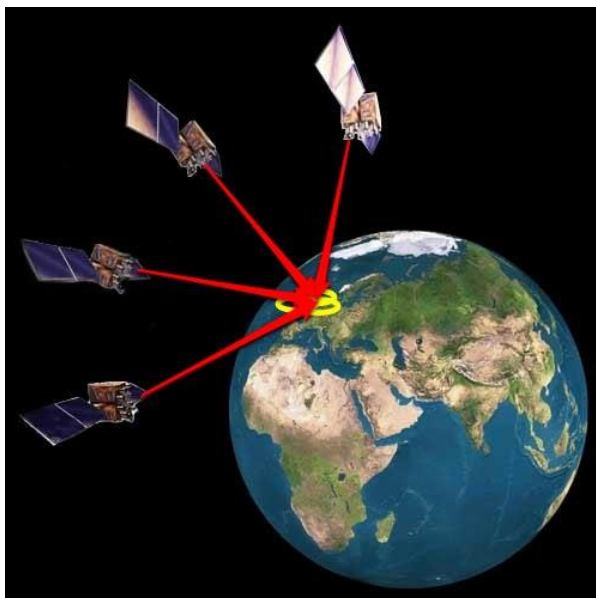
## **2.4 Padėties nustatymas panaudojant GPS**

Globali padėties nustatymo sistema arba GPS (*angl. Global Positioning System*) – tai radijo navigacijos sistema, kurios dėka yra leidžiama žemės, jūros ir oro vartotojams nustatyti tikslią dabartinę buvimo vietą, greitį ir laiką. Ši sistema yra pasiekama 24 valandas per dieną bet kokiomis oro sąlygomis ir bet kur visame pasaulyje, todėl yra plačiai naudojama kariniams tikslams, prekyboje ir įvairiose vartotojų programose [1].

Vystantis globaliai padėties nustatymo sistemai, buvo pastebėtas labai didelis vietą nustatančių programų plitimas, kurio dėka buvo įmanoma labai greitai ir gana tiksliai nustatyti bet kokio asmens ar daikto buvimo vietą. Dėl šios priežasties, šios programos tapo labai populiarios ir jomis pradėjo naudotis labai didelis vartotojų ratas.

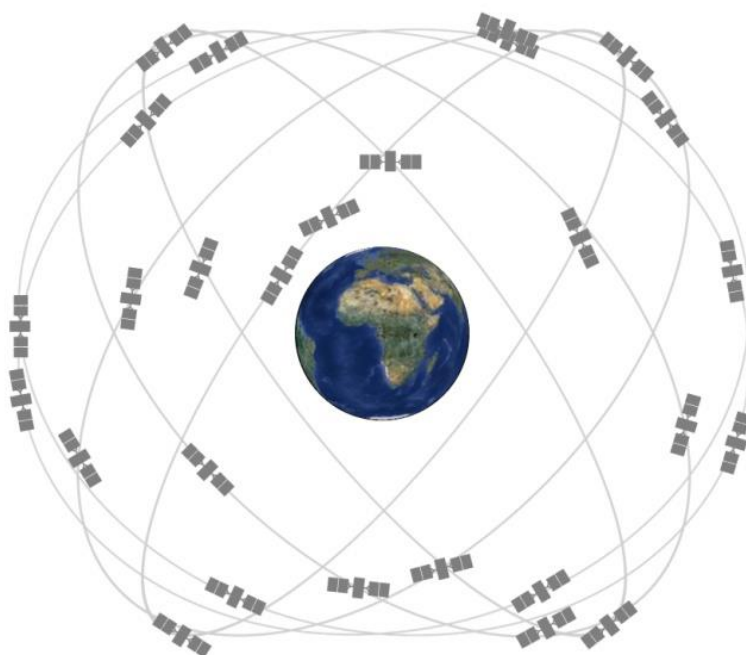
### **2.4.1 Veikimo principas**

Apibūdinant GPS technologiją pačiame paprasčiausiame lygyje [7], ji susideda iš dviejų elementų: radijo bangų siųstuvo ir radijo bangų imtuvo. Kiekvienas iš GPS palydovų, esančių kosminiame segmente, yra radijo bangų siųstuvas, kuris nuolatos siunčia informaciją apie savo buvimo koordinates ir tikslų atominį laiką. Tuo tarpu, kiekvienas įrenginys, savyje turintis GPS imtuvą, priima keletą GPS palydovų transliuojamų duomenų vienu metu (1 pav.), nustato laiką, per kurį informacija buvo gauta ir nustato atstumus iki kiekvieno palydovo, iš kurio informacija buvo gauta. Tada įrenginys su GPS imtuvu, palygina gautus atstumus ir trianguliuoja savo buvimo ilgumą, platumą ir aukštumą arba kitaip savo buvimo koordinates.



**1 pav.** Signalai, surinkti iš kelių palydovų, naudojami buvimo vietos apskaičiavimui

GPS palydovų kosminis segmentas (2 pav.) yra sudarytas iš 27 dirbtinių žemės palydovų, skriejančių apie žemę apytiksliai 20200 kilometrų aukštyje, šešiomis skirtingomis kryptimis. Kiekvienas iš palydovų žemę apskrieja du kartus per dieną. Taip išsidėstę ir skriejantys palydovai užtikrina, jog žemėje esantys GPS imtuvai, bet kuriuo metu būtų aptarnaujami bent jau keturių skirtingų palydovų, kiek įmanoma tikslesniam buvimo vietos nustatymui.



**2 pav.** GPS palydovų kosminis segmentas

#### **2.4.2 Tikslumas ir paklaidų priežastys**

Nors šiuo metu, globalios padėties nustatymo sistemos (GPS) panaudojimas yra labai platus įvairiose situacijose vien dėl savo patikimumo ir naudingumo, tačiau net ir šios sistemos pateikta informacija apie buvimo vietą, kartais būna ne visai tiksli. Pasitaikančios klaidos GPS apskaičiuotose pozicijose atsiranda dėl kelių pagrindinių priežasčių [15]: palydovo orbitos informacijos klaidos,

palydovo laikrodžio klaidų, jonosferos ir troposferos žemės atmosferos sluoksnių sukeliama signalo vėlinimo, signalo atspindėjimo efektų ir signalo triukšmų arba trukdžių.

Pats didžiausias pasitaikančių klaidų šaltinis, kuris įtakoja pozicijos tikslumą, pasitaiko, dėl per mažo danguje matomų palydovų skaičiaus. Esant mažam pasiekiamų palydovų skaičiui įvairiose vietovėse, pavyzdžiui: miestuose, miškuose ir t.t. nustatytos pozicijos paklaida gali svyruoti, net iki 10 metrų. Siekiant sumažinti pasitaikančias paklaidas, atsirandančias dėl per mažo matomų palydovų skaičiaus, yra naudojami įvairūs algoritmai klaidų filtravimui, pavyzdžiui: „Kalman filter“ algoritmas [4]. Pritaikius tokio tipo algoritmą, kai kuriose situacijose, galima žymiai pagerinti padėties nustatymo tikslumą, kartais net iki 4 ir daugiau kartų, esant matomiems vos trims palydovams.

Siekiant užtikrinti didesnę padėties nustatymo tikslumą vietose, kuriose kyla sunkumų dėl GPS palydovų signalų blokavimo atsirandančio dėl įvairių pastatų ar medžių, galima mėginti pritaikyti kombinuotą GPS ir Wi-Fi technologijų padėties nustatymą [14]. Tokiu būdu sekant mobiliojo įrenginio naudotojo buvimo vietą, ją būtų įmanoma gana tiksliai nustatyti ne tik tankiai apgyvendintose vietose, bet ir namuose ar netgi požemiuose.

Radio dažnių trukdžiai arba RFI (*angl. Radio Frequency Interference*) taip pat turi didelę įtaką padėties tikslumui, nustatant padėtį globalia padėties nustatymo sistema. Būtent šių radijo trikdžių poveikį, didelio tikslumo reikalaujančiose sistemose, išnagrinėjo Ahmad Norhisyam Idris, Azam Mohd Suldi ir Juazer Rizar Abdul Hamid savo darbe [5].

## **2.5 Padėties nustatymas panaudojant Wi-Fi**

Padėties nustatymas pasinaudojant GPS teikiamomis galimybėmis nėra visiškai tobulas. Pagrindinė problema – palydovo siunčiamas signalas sunkiai prasiskverbia per įvairius objektus, pvz.: namų sienas, tankius medžius ir t.t. Dėl šios priežasties, padėties nustatymas, naudojantis GPS teikiamomis galimybėmis, tam tikrose vietose, pavyzdžiui pastatuose, gali būti labai limituotas arba visiškai neįmanomas. Siekiant išspręsti problemą buvimo vietos nustatymui uždaroje patalpose, galima panaudoti Wi-Fi galimybes.

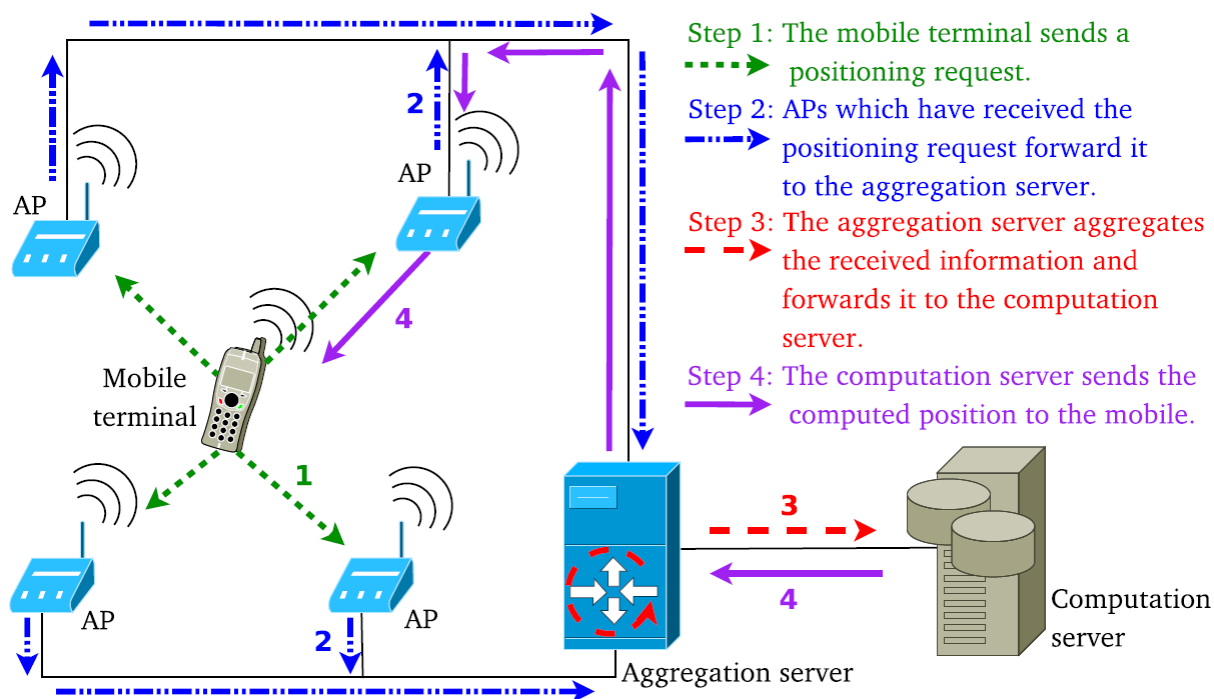
Padėties nustatymo technologija, uždaroje patalpose, panaudojant Wi-Fi galimybes gimė pastarąjį dešimtmetį. Šios technologijos pagrindinė idėja – panaudoti Wi-Fi prieigos taškus (*angl. Acces points*) ir mobiliuosius įrenginius, su aktyvuota Wi-Fi funkcija, apytikslės vietos nustatymui.

### **2.5.1 Veikimo principas**

Mobiliojo įrenginio padėties nustatymas, panaudojant Wi-Fi technologijas, susideda iš keturių pagrindinių žingsnių (3 pav.) [13]:

1. Mobilusis įrenginys perduoda pozicijos nustatymo užklausą Wi-Fi prieigos taškams (AP).

2. Wi-Fi prieigos taškai, gavę pozicijos nustatymo užklausą, perduoda ją informacijos surinkimo serveriui.
3. Informacijos surinkimo serveris surenka gautą informaciją ir perduoda ją skaičiavimų serveriui.
4. Skaičiavimų serveris, remdamasis gautai informacija, apskaičiuoja mobilaus įrenginio buvimo koordinatas ir siunčia jas atgal mobiliam įrenginiui.



**3 pav.** Mobiliojo įrenginio padėties nustatymo principas, panaudojant Wi-Fi technologijas [13]

Pats apytikslis padėties nustatymas yra apskaičiuojamas pritaikant įvairius metodus, kurie veikia pagal skirtingus signalo matavimo rodiklius. Pagrindiniai metodai yra: signalo atvykimo kampo (AOA) metodas, signalo atvykimo laiko (TOA) metodas, signalo atvykimo fazės (POA) metodas ir gauto signalo stiprumo indikatorius (RSSI) metodas.

### 2.5.2 Padėties nustatymo algoritmai

Autoriai Sujittra Boonsriwai ir Anya Apatjirut savo straipsnyje [3] aptaria du pagrindinius padėties nustatymo algoritmus veikiančius pagal gauto signalo stiprumo indikatorius (RSSI) metodą. Šie algoritmai yra: „Multi-trilateration“ ir „Fingerprinting“. Toliau panagrinėsime kiekvieną iš šių algoritmų.

#### 2.5.2.1 „Multi-trilateration“ algoritmas

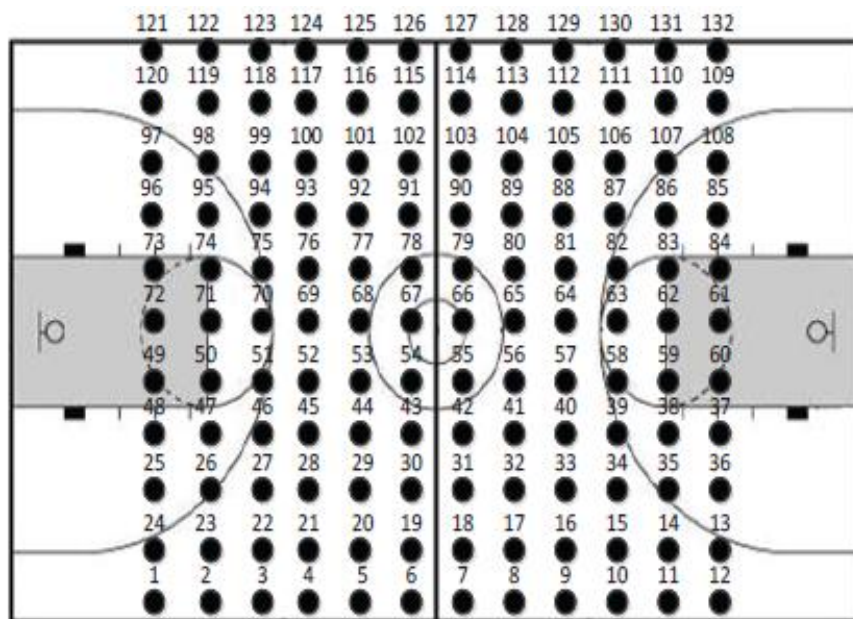
„Multi-trilateration“ algoritmas yra paremtas gauto signalo stiprumo indikatorius (RSSI) metodu. Šis algoritmas yra sudarytas iš pozicijos apskaičiavimo remiantis apytiksliais atstumais bent tarp trijų Wi-Fi prieigos taškų atskaitos pozicijų. Apytikšlių atstumų apskaičiavimui yra panaudojami

geometriniai apskritimai, kurių pagalba yra nustatoma santykinė pozicija tarp įrenginio ir Wi-Fi prieigos taškų atskaitos pozicijų.

### 2.5.2.2 „Fingerprinting“ algoritmas

„Fingerprinting“ algoritmas yra taip pat paremtas gauto signalo stiprumo indikatorius (RSSI) metodu. Šis algoritmas yra sudarytas iš kalibracijos ir pozicijos nustatymo fazių.

Algoritmas iš pradžių reikalauja kalibracijos fazės, kurios metu yra sukuriamas pradinis radijo žemėlapis. Šis radijo žemėlapis yra sudarytas iš informacijos apie gautus signalo stiprumo indikatorius iš kiekvieno Wi-Fi prieigos taško visose galimose aplinkos vietose (4 pav.), kuriose bus atliekamas mobiliojo įrenginio pozicijos nustatymas. Vykstant pozicijos nustatymo fazei, vartotojo turimas mobilusis įrenginys gauna signalo stiprumo indikatorius mėginį, kuris yra sudarytas iš visų aplinkinių Wi-Fi prieigos taškų signalo stiprumo indikatorių. Šis mėginys yra palyginamas anksčiau sudaryto radijo žemėlapio duomenų bazėje ir tada yra apskaičiuojama apytikslė mobiliojo įrenginio vartotojo buvimo vieta.



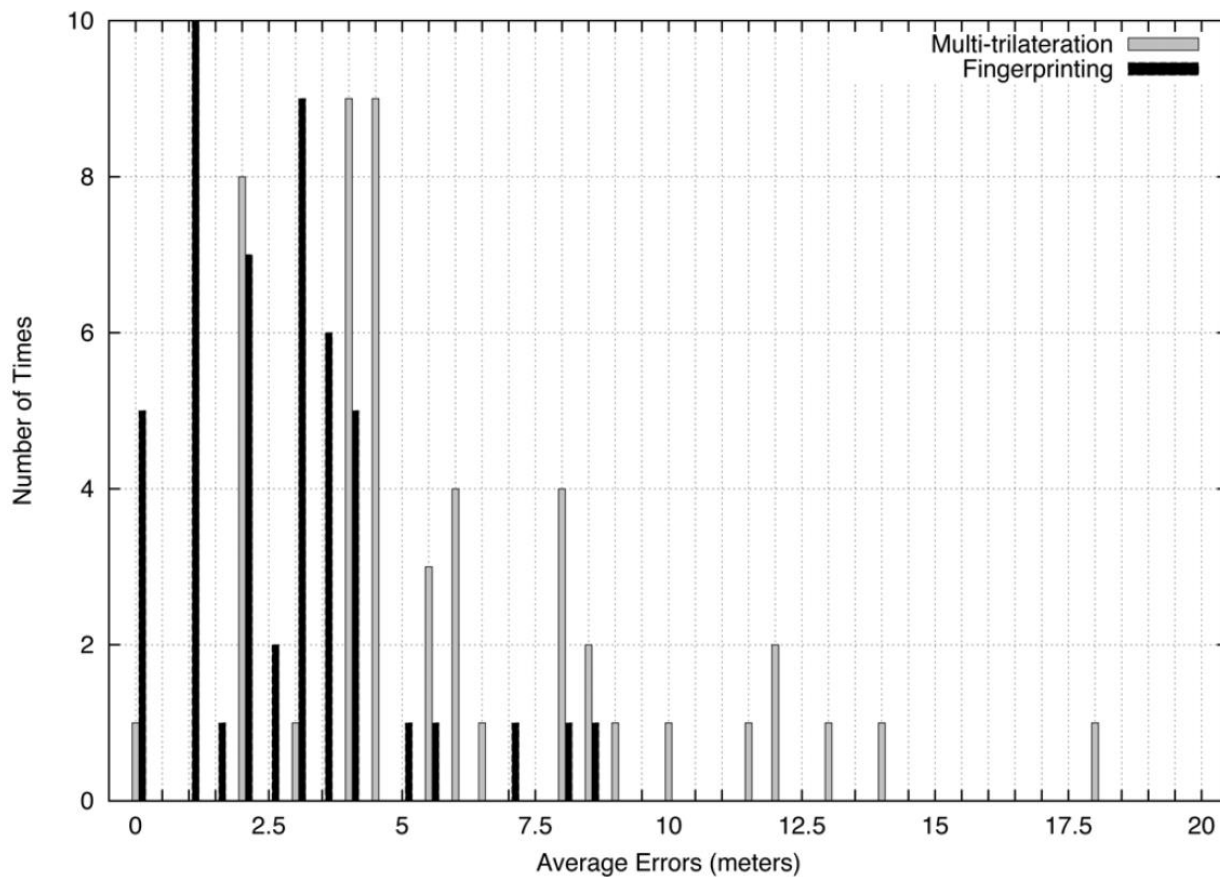
4 pav. Sporto salė su pažymėtomis matavimo vietomis, radijo žemėlapio sudarymui [2]

### 2.5.3 Tikslumas ir paklaidų priežastys

Remiantis Hongbo Liu, Jie Yang ir kitų autorių darbais [2], teigiama, jog ištirtose aplinkose, dėl įvairių aplinkos veiksnių, išmaniojo telefono padėtis, su įvairiais vietos nustatymo algoritmais, yra nustatoma iki 4 metrų tikslumu, tačiau kartais galimos gana didelės paklaidos, net iki 6-8 metrų. Šios paklaidos atsiranda, dėl netinkamo Wi-Fi prieigos taškų išdėstymo ar jų trūkumo. Taip pat, didelės paklaidos galimos, dėl įvairių objektų slopinančių ar blokuojančių Wi-Fi signalą.

Autorių Sujitra Boonsriwai ir Anya Apavatjirut straipsnyje [3] pateiktas labai detalus tyrimas, apie anksčiau paminėtus vietos nustatymo algoritmus: „Multi-trilateration“ ir „Fingerprinting“.

Remiantis tyrimo duomenimis (5 pav.), pastebėta, jog „Fingerprinting“ algoritmas yra žymiai tikslesnis už „Multi-trilateration“ vietos nustatymo algoritmą. Vidutinė „Fingerprinting“ algoritmo paklaida yra 2,65 metro, o tuo tarpu „Multi-trilateration“ algoritmas buvimo vietą nustato su vidutine 5,9 metro paklaida.



5 pav. „Multi-trilateration“ ir „Fingerprinting“ algoritmų paklaidų matavimo rezultatai [3]

## 2.6 Padėties nustatymas panaudojant Bluetooth

Bluetooth švyturėliai – tai dar viena alternatyva padėties nustatymui patalpose arba vietovėse kuriose neįmanoma panaudoti GPS vietos nustatymo galimybių ir nėra Wi-Fi prieigos taškų. Dėl didelio mobiliųjų įrenginių, su Bluetooth imtuvais, kiekio ir nedidelės Bluetooth švyturėlių kainos, ši technologija tapo gana nesunkiai įgyvendinama ir per pastarąjį dešimtmetį gana smarkiai išsiplėtojo.

Anja Bekkelien straipsnyje [6] minima, jog Bluetooth vietos nustatymo technologija šiuo metu yra naudojama dviejose pagrindinėse srityse: žmonių arba daiktų sekimui ir informacijos apie tam tikrą vietą suteikimui. Paprasčiausias to pavyzdys yra sistema, kuri nustačiusi mobiliojo įrenginio buvimo vietą apytiksliai 10 metrų atstumu, siustų tam tikrą reklamą arba informaciją susijusią su buvimo vieta. Tokią sistemą būtų galima panaudoti įvairių parduotuvių reklamavimui arba naudoti kaip gidą įžymių vietų lankymui.

### 2.6.1 Padėties nustatymo metodai

Buvimo vietos nustatymui naudojant Bluetooth švyturėlius yra panaudojama daug įvairiausių metodų. Populiariausi metodai pozicijai nustatyti yra: signalo atvykimo laiko (TOA) metodas, signalo



atvykimo laiko skirtumo (TDOA) metodas, signalo atvykimo kampo (AOA) metodas, gauto signalo stiprumo indikatoriaus (RSSI) metodas ir artimiausio kaimyno signalo stiprumo (NNSS) metodas [8]. Kai kurie iš išvardintų metodų sutampa su anksčiau minėtais padėties nustatymo metodais naudojamais su Wi-Fi technologija, nes šių technologijų veikimo principai yra labai panašūs, skiriasi tik tuo, jog vienu atveju radijo signalai yra išsiunčiami panaudojant Bluetooth švyturėlius, o kitu atveju – Wi-Fi prieigos taškus.

### **2.6.2 Tikslumas ir paklaidų priežastys**

Le Thanh Son ir Pal Orten darbe [9] yra teigiama, jog pritaikius tinkamus padėties nustatymo metodus ir algoritmus galima pasiekti labai didelį padėties nustatymo tikslumą, net iki 1,5 metro. Tačiau kai kuriomis situacijomis atsiranda ir gana didelių paklaidų, net iki 15-20 metrų.

Bluetooth švyturėliai dėl savo prigimties pasižymi labai nedideliu signalo sklidimo atstumu, todėl norint užtikrinti kiek įmanoma didesnę tikslumą, nustatant padėtį, būtina panaudoti labai didelį Bluetooth švyturėlių kiekį ir juos išdėstyti taip, kad būtų pasiekiamas kiek įmanoma didesnis signalo padengimas aplinkoje, kurioje bus atliekami matavimai. Tai padaryti nėra sudėtinga, dėl gana nedidelės Bluetooth švyturėlių kainos (iki 5 USD) ir nesudėtingo šių švyturėlių montavimo [11].

### **2.7 Padėties nustatymo technologijos ateityje**

Dėl šiuo metu esančio plataus padėties nustatymo technologijų panaudojimo ir didelio jų populiarumo, ateityje šios technologijos dar sparčiau vystysis ir bus ieškoma naujų sprendimų, kurių dėka būtų įmanoma užtikrinti dar didesnę tikslumą ir patikimumą. Viena iš galimų technologijų galėtų būti – padėties nustatymas panaudojant plačiajuostes radijo bangas (UWB) [12]. Šios technologijos privalumas būtų gana didelis tikslumas, mažas energijos suvartojimas ir gana nedidelė šios technologijos kaina. Taip pat, dėl šios technologijos teikiamų labai skirtingo dažnio bangų, būtų padidinta tikimybė, jog šios bangos prasiskverbs per įvairias kliūtis arba tiesiog jas apeis, todėl ši technologija būtų gana naudinga tankiai apgyvendintose vietovėse, kur įvairūs pastatai labai apriboja kitokių padėties nustatymo technologijų veikimą.

Ateityje nebus pamirštos ir anksčiau paminėtos GPS, Wi-Fi ir Bluetooth technologijos. Bus siekiama padidinti šių technologijų tikslumą, sumažinti energijos suvartojimą ir kainą bei ieškoti kitokių sprendimų siekiant išplėsti šių technologijų galimybes ir dar labiau padidinti šių technologijų vartojimą.

### **2.8 Egzistuojančios maršruto stebėjimo ir analizavimo programėlės**

Šiuo metu, dėl didelio išmaniųjų įrenginių populiarumo, rinkoje yra gana nemažai produktų skirtų sportuojančio žmogaus maršruto sekimui ir jo analizavimui. Panagrinėsime keletą populiariausių tokios paskirties programėlių: „Sports Tracker“, „Sport Venture“, „Runtastic PRO“, „Endomondo“.

### 2.8.1 „Sports Tracker“ programėlė

„Sports Tracker“ (6 pav.) yra labai populiarus ir nemokamas programėlis, skirtas vartotojui maršrutų ir judėjimo parametrų sekimui. Programėlė yra gana patogi, jos vartotojo sąsaja yra paprasta ir greitai perprantama, visos programėlės funkcijos yra greitai randamos. Dėl didelio populiarumo ši programėlė yra labai dažnai atnaujinama, todėl šios programėlės funkcijos yra nuolat tobulinamos ir plečiamos.



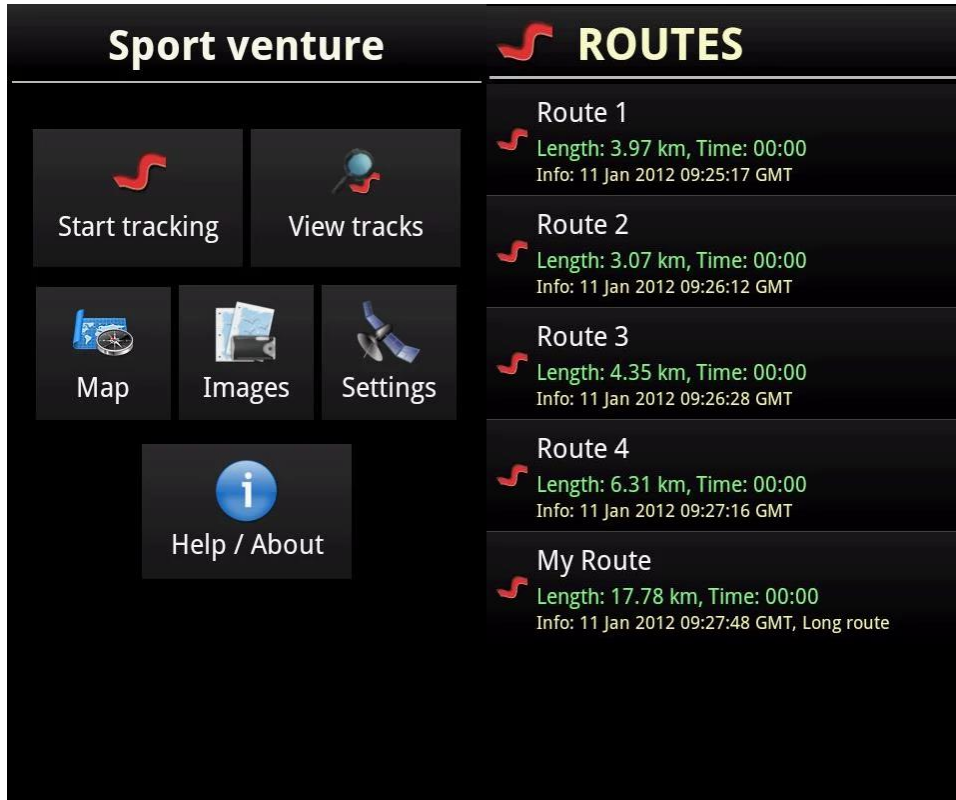
6 pav. „Sports Tracker“ programėlė [16]

Pagrindinės programėlės funkcijos [16]:

- Sekti ir analizuoti vartotojo judėjimo parametrus, stebėti jo pažangą.
- Visų treniruočių duomenų saugojimas asmeniniame treniruočių dienoraštyje.
- Įvairios informacijos sekimas: sudegintų kalorijų skaičius, vidutinis greitis, vidutinis aukštis ir t.t.
- Žemėlapiai, laiko ir atstumo skaičiuotuvai.
- Garso pranešimai treniruočių metu.
- Treniruočių duomenų ir nuotraukų dalinimasis socialiniuose tinkluose.
- Galimybė peržiūrėti draugu profilius ir jų treniruočių rezultatus.

### 2.8.2 „Sport Venture“ programėlė

„Sport Venture“ (7 pav.) yra nemokama, gana paprasta ir nedidelė programėlė, skirta vartotojo judėjimo parametrų ir maršrutams sekti. Šios programėlės pagalba galima peržiūrėti vartotojo įveiktus maršrutus ir atstumus, bėgimo greitį ir aukštį į kuri vartotojas buvo pakilęs. Visa informacija yra pateikiama grafike.



7 pav. „Sport Venture“ programėlė [17]

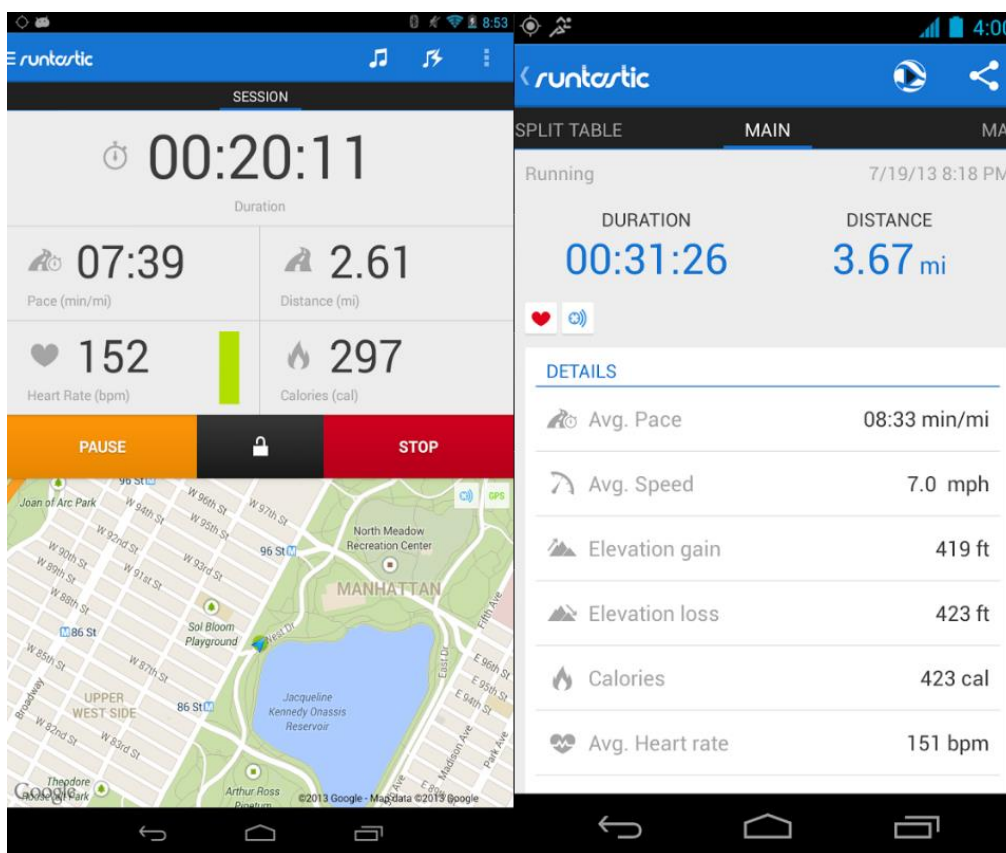
Pagrindinės programėlės funkcijos [17]:

- Įrašyti maršrutus.
- Skaičiuoti apeitų ratų skaičių.
- Peržiūrėti maršrutų statistikas ir įvairias diagramas.
- Maršrutų piešimas žemėlapyje.
- Buvimo vietos pažymėjimas žemėlapyje
- Galimybė išsaugoti maršrutų duomenis bei juos atidaryti kitame įrenginyje.
- Galimybė fotografuoti maršruto stebėjimo metu bei peržiūrėti nuotraukas galerijoje.
- SMS žinučių siuntimas ir gavimas su buvimo vietos informacija.

### 2.8.3 „Runtastic PRO“ programėlė

„Runtastic Pro“ (8 pav.) yra mokama programėlė vartotojo maršrutams ir judėjimo parametrų sekti bei analizuoti. Nors programėlės kaina yra gana nemaža (~4 eurus), pati programėlė

savo populiarumo nenusileidžia anksčiau paminėtoms konkurentėms. Programėlės veikimo metu, surenkama informacija yra perteikiama vartotojui išsamiai ir paprastai, reikalui esant vartotojas gali būti informuojamas garso signalais apie įvairius įvykius. Programėlės vartotojo sąsaja yra minimalistiška ir labai patogi.



8 pav. „Runtastic PRO“ programėlė [18]

Pagrindinės programėlės funkcijos [18]:

- Garso pranešimai treniruočių metu.
- Asmeninis treniruočių dienoraštis su išmatuotais duomenimis ir grafikais.
- Informacijos sekimas realiu laiku ir automatinis informacijos sekimo sustabdymas vartotojui sustojus.
- Galimybė susidaryti maršrutus pačiam arba panaudoti kitų žmonių sudarytus maršrutus.
- Maršrutų atvaizdavimas žemėlapyje.
- Širdies ritmo, sudegintų kalorijų ir kitokios informacijos sekimas.
- Galimybė dalintis sportinės veiklos duomenimis socialiniuose tinkluose.

## 2.8.4 „Endomondo“ programėlė

„Endomondo“ (9 pav.) yra nemokama programėlė, tačiau kai kurios jos funkcijos atsirakina tik tada kai yra užsisakoma Premium programėlės versija, kuri kainuoja 2,5\$ mėnesiui. Kaip ir anksčiau paminėtos konkurentės, ši programėlė taip pat pasižymi panašiomis galimybėmis ir funkcijomis. Pagrindiniai šios programėlės privalumai: patogi vartotojo sąsaja bei galimybė dalintis savo rezultatais su kitais sistemos vartotojais.



9 pav. „Endomondo“ programėlė [19]

Pagrindinės programėlės funkcijos [19]:

- Greičio, atstumo, vidutinio greičio, kalorijų ir kitos vartotojo informacijos matavimas.
- Garso pranešimai treniruočių metu.
- Treniruočių informacijos analizavimas.
- Maršrutų atvaizdavimas žemėlapiuose.
- Galimybė pasidaryti sau iššūkius ir mėginti juos įveikti.
- Galimybė dalintis rezultatais su kitais programėlės vartotojais

## 2.8.5 Išvardintų programėlių kokybės palyginimas

Egzistuojančių programėlių kokybė buvo įvertinta panaudojant parametrus, kurie yra pateikti lentelėje: Lentelė 1.

**Lentelė 1** Programinės įrangos kokybės parametrai

<b>Eil. Nr.</b>	<b>Parametras</b>	<b>Aprašymas</b>
1.	Funkcionalumas	Funkcijų gausa.
2.	Rezultatų tikslumas	Pateikiamų rezultatų tikslumas.
3.	Panaudojamumas	Ar lengva išmokti dirbti su programine įranga?
4.	Išplečiamumas	Galimybė praplėsti programinės įrangos funkcijas.
5.	Patvarumas	Kiek programinė įranga tolerantiška klaidoms?

Egzistuojančių maršruto stebėjimo ir analizavimo sistemų įvertinimas pagal parametrus pateiktas lentelėje: Lentelė 2.

**Lentelė 2** Egzistuojančių sistemų kokybės įvertinimas

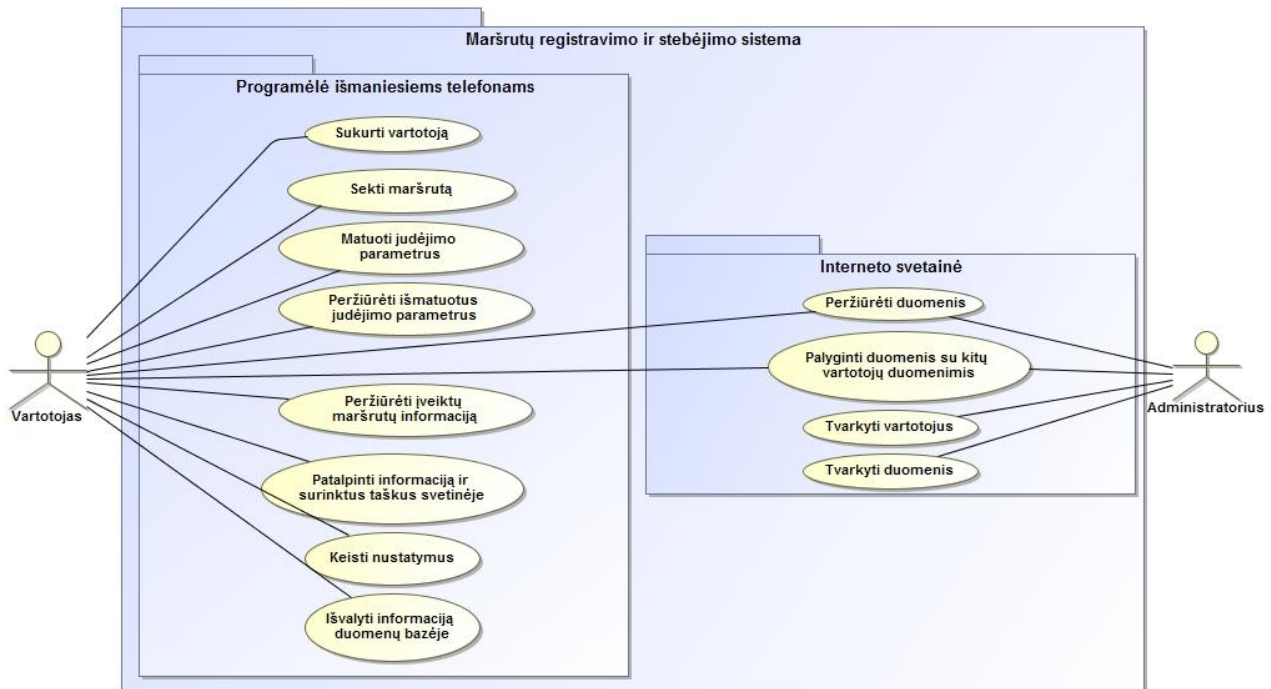
<b>Eil. Nr.</b>	<b>Parametras</b>	<b>„Sports Tracker“</b>	<b>„Sport Venture“</b>	<b>„Runtastic Pro“</b>	<b>„Endomondo“</b>
1.	Funkcionalumas	Didelis	Mažas	Labai didelis	Labai didelis
2.	Rezultatų tikslumas	Puikus	Geras	Puikus	Puikus
3.	Panaudojamumas	Lengva	Labai lengva	Labai lengva	Labai lengva
4.	Išplečiamumas	Yra	Nėra	Yra	Yra
5.	Patvarumas	Puikus	Geras	Puikus	Puikus

### 3. PROJEK TINĖ DALIS

#### 3.1 Reikalavimų specifikacija

##### 3.1.1 Sistemos funkcijos

Sistemos funkcijos yra pateiktos panaudos atvejų diagramoje, paveikslėlyje: 10 pav.



10 pav. Sistemos panaudos atvejų diagrama

##### 3.1.2 Panaudojimo atvejų sąrašas

1. Panaudojimo atvejis: Sukurti vartotoją	
Aktorius:	Vartotojas.
Aprašas:	Programėlės vartotojo sukūrimas.
Prieš sąlyga:	Nėra užsiregistravusio vartotojo.
Sužadinimo sąlyga:	Programos paleidimas.
Po-sąlyga:	Užregistruojamas asmuo, kuris naudosis programėle.

2. Panaudojimo atvejis: Sekti maršrutą	
Aktorius:	Vartotojas.
Aprašas:	Sekamas vartotojo maršrutas.
Prieš sąlyga:	Išmanusis telefonas yra prisijungęs prie GPS palydovų.
Sužadinimo sąlyga:	Meniu punkto paspaudimas.
Po-sąlyga:	Pradėtas sekti vartotojo maršrutas.

3. Panaudojimo atvejis: Matuoti judėjimo parametrus	
Aktorius:	Vartotojas.
Aprašas:	Matuojami vartotojo judėjimo parametrai.
Prieš sąlyga:	Išmanusis telefonas yra prisijungęs prie GPS palydovų.
Sužadinimo sąlyga:	Meniu punkto paspaudimas.
Po-sąlyga:	Pradėti matuoti vartotojo judėjimo parametrai.



<b>4. Panaudojimo atvejis: Peržiūrėti išmatuotus judėjimo parametrus</b>	
Aktorius:	Vartotojas.
Aprašas:	Atvaizduojama surinkta informacija apie vartotojo judėjimo parametrus.
Prieš sąlyga:	Turi būti išmatuotų judėjimo parametru.
Sužadinimo sąlyga:	Meniu punkto paspaudimas.
Po-sąlyga:	Pradėti matuoti vartotojo judėjimo parametrai

<b>5. Panaudojimo atvejis: Peržiūrėti įveiktų maršrutų informaciją</b>	
Aktorius:	Vartotojas.
Aprašas:	Atvaizduojama informacija bei surinkti taškai už įveiktus maršrutus.
Prieš sąlyga:	Turi būti įveiktas bent jau vienas maršrutas.
Sužadinimo sąlyga:	Meniu punkto paspaudimas.
Po-sąlyga:	Matoma informacija ir taškai už įveiktus maršrutus.

<b>6. Panaudojimo atvejis: Patalpinti informaciją ir surinktus taškus svetainėje</b>	
Aktorius:	Vartotojas.
Aprašas:	Patalpinama vartotojo informacija ir taškai į interneto svetainę.
Prieš sąlyga:	Turi būti įveiktas bent jau vienas maršrutas.
Sužadinimo sąlyga:	Meniu punkto paspaudimas.
Po-sąlyga:	Patalpinta informacija ir taškai interneto svetainėje.

<b>7. Panaudojimo atvejis: Keisti nustatymus</b>	
Aktorius:	Vartotojas.
Aprašas:	Vartotojas pakeičia programėlės nustatymus pagal savo poreikius.
Prieš sąlyga:	Nėra.
Sužadinimo sąlyga:	Meniu punkto paspaudimas.
Po-sąlyga:	Pakeisti programėlės nustatymai.

<b>8. Panaudojimo atvejis: Išvalyti informaciją duomenų bazėje</b>	
Aktorius:	Vartotojas.
Aprašas:	Išvaloma informacija duomenų bazėje.
Prieš sąlyga:	Nėra.
Sužadinimo sąlyga:	Meniu punkto paspaudimas.
Po-sąlyga:	Išvalyta informacija duomenų bazėje.

<b>9. Panaudojimo atvejis: Peržiūrėti duomenis</b>	
Aktorius:	Vartotojas, administratorius.
Aprašas:	Atvaizduojami pasirinkto vartotojo surinkti taškai ir informacija.
Prieš sąlyga:	Nėra.
Sužadinimo sąlyga:	Pasirenkamas duomenų peržiūrėjimo punktas interneto svetainėje ir išsirenkamas norimas vartotojas.
Po-sąlyga:	Matoma vartotojo informacija ir surinkti taškai.

<b>10. Panaudojimo atvejis: Palyginti duomenis su kitų vartotojų duomenimis</b>	
Aktorius:	Vartotojas, administratorius.
Aprašas:	Palyginami pasirinktų vartotojų duomenys.
Prieš sąlyga:	Nėra.
Sužadinimo sąlyga:	Pasirenkamas duomenų palyginimo punktas interneto svetainėje ir išrenkami norimi vartotojai.
Po-sąlyga:	Matomi palyginti vartotojų duomenys.



<b>11. Panaudojimo atvejis: Tvarkyti vartotojus</b>	
Aktorius:	Administratorius.
Aprašas:	Interneto svetainės administratorius panaikina neaktyvius vartotojus.
Prieš sąlyga:	Nėra.
Sužadinimo sąlyga:	Sistemos administratorius pasirenka neaktyvius vartotojus ir juos panaikina.
Po-sąlyga:	Panaikinti neaktyvūs vartotojai.

<b>12. Panaudojimo atvejis: Tvarkyti duomenis</b>	
Aktorius:	Administratorius.
Aprašas:	Interneto svetainės administratorius panaikina nereikalingus duomenis.
Prieš sąlyga:	Nėra.
Sužadinimo sąlyga:	Pasirenkami ir panaikinami nereikalingi duomenys.
Po-sąlyga:	Panaikinti nereikalingi duomenys.

### 3.2 Funkciniai reikalavimai ir reikalavimai duomenims

#### 3.2.1 Funkciniai reikalavimai

Reikalavimas #:	1	Reikalavimo tipas:	9a	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	1
Aprašymas:	Sistema turi leisti užsiregistruoti programėlės vartotojui.				
Pagrindimas:	Sukuriamas vartotojas, kuris naudosis programėle. Įvedama reikalinga informacija apie vartotoją.				
Šaltinis:	Vadovas.				
Tikimo kriterijus:	Sukurtas programėlės vartotojas.				
Užsakovo tenkinimas:	3			Užsakovo netenkinimas:	3
Priklausomybės:	Nėra.			Konfliktai:	Nėra.
Papildoma medžiaga:	-				
Istorija:	Užregistruotas 2014 kovo 01d.				

Reikalavimas #:	2	Reikalavimo tipas:	9a	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	2
Aprašymas:	Sistema turi leisti pasirinkti maršruto sekimo tipą.				
Pagrindimas:	Pasirenkamas maršruto sekimo tipas, pagal kurį atliekami reikalingi skaičiavimai.				
Šaltinis:	Vadovas.				
Tikimo kriterijus:	Pasiriktas norimas maršruto tipas.				
Užsakovo tenkinimas:	2			Užsakovo netenkinimas:	3
Priklausomybės:	Nėra.			Konfliktai:	Nėra.
Papildoma medžiaga:	-				
Istorija:	Užregistruotas 2014 kovo 01d.				

Reikalavimas #:	3	Reikalavimo tipas:	9a	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	2
Aprašymas:	Sistema turi leisti pradėti sekti maršrutą.				
Pagrindimas:	Pradedamas sekti maršrutas.				
Šaltinis:	Vadovas.				
Tikimo kriterijus:	Pradėtas sekti maršrutas.				
Užsakovo tenkinimas:	5			Užsakovo netenkinimas:	5
Priklausomybės:	2.			Konfliktai:	Nėra.
Papildoma medžiaga:	-				
Istorija:	Užregistruotas 2014 kovo 01d.				

Reikalavimas #:	4	Reikalavimo tipas:	9a	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	2
Aprašymas:	Sistema turi leisti sustabdyti maršruto sekimą.				
Pagrindimas:	Sustabdomas maršruto sekimas.				
Šaltinis:	Vadovas.				
Tikimo kriterijus:	Sustabdytas maršruto sekimas.				
Užsakovo tenkinimas:	5			Užsakovo netenkinimas:	5
Priklausomybės:	2, 3.			Konfliktai:	Nėra.
Papildoma medžiaga:	-				
Istorija:	Užregistruotas 2014 kovo 01d.				

Reikalavimas #:	5	Reikalavimo tipas:	9a	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	3
Aprašymas:	Sistema turi leisti pasirinkti norimus matuoti judėjimo parametrus.				
Pagrindimas:	Pasirenkami norimi judėjimo parametrai, kurie atvaizduojami matavimo metu.				
Šaltinis:	Vadovas.				
Tikimo kriterijus:	Pasirinkti norimi matuoti judėjimo parametrai.				
Užsakovo tenkinimas:	2			Užsakovo netenkinimas:	3
Priklausomybės:	Nėra.			Konfliktai:	Nėra.
Papildoma medžiaga:	-				
Istorija:	Užregistruotas 2014 kovo 01d.				

Reikalavimas #:	6	Reikalavimo tipas:	9a	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	3
Aprašymas:	Sistema turi leisti pradėti matuoti judėjimo parametrus.				
Pagrindimas:	Pradedami matuoti judėjimo parametrai.				
Šaltinis:	Vadovas.				
Tikimo kriterijus:	Pradėti matuoti judėjimo parametrai.				
Užsakovo tenkinimas:	5			Užsakovo netenkinimas:	5
Priklausomybės:	5.			Konfliktai:	Nėra.
Papildoma medžiaga:	-				
Istorija:	Užregistruotas 2014 kovo 01d.				

Reikalavimas #:	7	Reikalavimo tipas:	9a	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	3
Aprašymas:	Sistema turi leisti sustabdyti judėjimo parametrų matavimus.				
Pagrindimas:	Sustabdomi judėjimo parametrų matavimai.				
Šaltinis:	Vadovas.				
Tikimo kriterijus:	Sustabdytas judėjimo parametrų matavimas.				
Užsakovo tenkinimas:	5			Užsakovo netenkinimas:	5
Priklausomybės:	5, 6.			Konfliktai:	Nėra.
Papildoma medžiaga:	-				
Istorija:	Užregistruotas 2014 kovo 01d.				

Reikalavimas #:	8	Reikalavimo tipas:	9a	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	4
Aprašymas:	Sistema turi leisti pasirinkti norimus peržiūrėti judėjimo parametrus.				
Pagrindimas:	Pasirenkami norimi judėjimo parametrai, kuriuos nori peržiūrėti vartotojas.				
Šaltinis:	Vadovas.				
Tikimo kriterijus:	Pasirinkti judėjimo parametrai, kurie bus atvaizduoti.				
Užsakovo tenkinimas:	3			Užsakovo netenkinimas:	4
Priklausomybės:	Nėra.			Konfliktai:	Nėra.
Papildoma medžiaga:	-				
Istorija:	Užregistruotas 2014 kovo 01d.				

Reikalavimas #:	9	Reikalavimo tipas:	9a	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	4
Aprašymas:	Sistema turi leisti pasirinkti judėjimo parametrų atvaizdavimo tipą.				
Pagrindimas:	Pasirenkamas judėjimo parametrų atvaizdavimo tipas (diagrama, sąrašas).				
Šaltinis:	Vadovas.				
Tikimo kriterijus:	Atvaizduoti pasirinkti judėjimo parametrai norimu atvaizdavimo tipu.				
Užsakovo tenkinimas:	2	Užsakovo netenkinimas:	3		
Priklausomybės:	8.	Konfliktai:	Nėra.		
Papildoma medžiaga:	-				
Istorija:	Užregistruotas 2014 kovo 01d.				

Reikalavimas #:	10	Reikalavimo tipas:	9a	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	5
Aprašymas:	Sistema turi leisti pasirinkti norimą maršrutą, kurio duomenys bus atvaizduoti.				
Pagrindimas:	Pasirenkamas maršrutas, kurio informacija bus rodoma.				
Šaltinis:	Vadovas.				
Tikimo kriterijus:	Pasirinktas maršrutas, kurio informacija bus rodoma.				
Užsakovo tenkinimas:	4	Užsakovo netenkinimas:	4		
Priklausomybės:	Nėra.	Konfliktai:	Nėra.		
Papildoma medžiaga:	-				
Istorija:	Užregistruotas 2014 kovo 01d.				

Reikalavimas #:	11	Reikalavimo tipas:	9a	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	5
Aprašymas:	Sistema turi leisti pasirinkti norimą maršruto informaciją, kuri bus atvaizduojama.				
Pagrindimas:	Pasirenkama maršruto informacija, kuri bus rodoma.				
Šaltinis:	Vadovas.				
Tikimo kriterijus:	Atvaizduota pasirinkta maršruto informacija.				
Užsakovo tenkinimas:	3	Užsakovo netenkinimas:	4		
Priklausomybės:	10.	Konfliktai:	Nėra.		
Papildoma medžiaga:	-				
Istorija:	Užregistruotas 2014 kovo 01d.				

Reikalavimas #:	12	Reikalavimo tipas:	9a	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	6
Aprašymas:	Sistema turi leisti patalpinti surinktą maršrutų informaciją interneto svetainėje.				
Pagrindimas:	Maršrutų informacijos patalpinimas interneto svetainėje.				
Šaltinis:	Vadovas.				
Tikimo kriterijus:	Patalpinta maršrutų informacija interneto svetainėje.				
Užsakovo tenkinimas:	3	Užsakovo netenkinimas:	3		
Priklausomybės:	Nėra.	Konfliktai:	Nėra.		
Papildoma medžiaga:	-				
Istorija:	Užregistruotas 2014 kovo 01d.				

Reikalavimas #:	13	Reikalavimo tipas:	9a	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	6
Aprašymas:	Sistema turi leisti patalpinti surinktą judėjimo parametrų informaciją interneto svetainėje.				
Pagrindimas:	Judėjimo parametrų patalpinimas interneto svetainėje.				
Šaltinis:	Vadovas.				
Tikimo kriterijus:	Patalpinti judėjimo parametrai interneto svetainėje.				
Užsakovo tenkinimas:	3	Užsakovo netenkinimas:	3		
Priklausomybės:	Nėra.	Konfliktai:	Nėra.		
Papildoma medžiaga:	-				
Istorija:	Užregistruotas 2014 kovo 01d.				

Reikalavimas #:	14	Reikalavimo tipas:	9a	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	6
Aprašymas:	Sistema turi leisti patalpinti surinktus taškus interneto svetainėje.				
Pagrindimas:	Gautų taškų patalpinimas interneto svetainėje.				
Šaltinis:	Vadovas.				
Tikimo kriterijus:	Patalpinti gauti taškai interneto svetainėje.				
Užsakovo tenkinimas:	3	Užsakovo netenkinimas:	3		
Priklausomybės:	Nėra.	Konfliktai:	Nėra.		
Papildoma medžiaga:	-				
Istorija:	Užregistruotas 2014 kovo 01d.				

Reikalavimas #:	15	Reikalavimo tipas:	9a	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	7
Aprašymas:	Sistema turi leisti keisti pagrindinius nustatymus.				
Pagrindimas:	Nustatymų pakeitimas, pagal vartotojo poreikius.				
Šaltinis:	Vadovas.				
Tikimo kriterijus:	Pakeisti nustatymai.				
Užsakovo tenkinimas:	2	Užsakovo netenkinimas:	2		
Priklausomybės:	Nėra.	Konfliktai:	Nėra.		
Papildoma medžiaga:	-				
Istorija:	Užregistruotas 2014 kovo 01d.				

Reikalavimas #:	16	Reikalavimo tipas:	9a	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	7
Aprašymas:	Sistema turi leisti keisti vartotojo informaciją (ūgis, svoris ir t.t.).				
Pagrindimas:	Vartotojo informacijos pakoregavimas.				
Šaltinis:	Vadovas.				
Tikimo kriterijus:	Pakeista vartotojo informacija.				
Užsakovo tenkinimas:	2	Užsakovo netenkinimas:	2		
Priklausomybės:	Nėra.	Konfliktai:	Nėra.		
Papildoma medžiaga:	-				
Istorija:	Užregistruotas 2014 kovo 01d.				

Reikalavimas #:	17	Reikalavimo tipas:	9a	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	8
Aprašymas:	Sistema turi leisti išvalyti visą informaciją duomenų bazėje.				
Pagrindimas:	Nebereikalingų duomenų išvalymas.				
Šaltinis:	Vadovas.				
Tikimo kriterijus:	Išvalyti duomenys.				
Užsakovo tenkinimas:	1	Užsakovo netenkinimas:	1		
Priklausomybės:	Nėra.	Konfliktai:	Nėra.		
Papildoma medžiaga:	-				
Istorija:	Užregistruotas 2014 kovo 01d.				

Reikalavimas #:	18	Reikalavimo tipas:	9a	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	9
Aprašymas:	Sistema turi leisti pasirinkti norimą vartotoją, kurio duomenis norima peržiūrėti.				
Pagrindimas:	Norimo vartotojo pasirinkimas, duomenų atvaizdavimui.				
Šaltinis:	Vadovas.				
Tikimo kriterijus:	Pasirinktas norimas vartotojas.				
Užsakovo tenkinimas:	4			Užsakovo netenkinimas:	4
Priklausomybės:	Nėra.			Konfliktai:	Nėra.
Papildoma medžiaga:	-				
Istorija:	Užregistruotas kovo 01d.				

Reikalavimas #:	19	Reikalavimo tipas:	9a	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	9
Aprašymas:	Sistema turi leisti pasirinkti norimus peržiūrėti duomenis.				
Pagrindimas:	Norimų duomenų pasirinkimas.				
Šaltinis:	Vadovas.				
Tikimo kriterijus:	Atvaizduoti pasirinkti duomenys.				
Užsakovo tenkinimas:	3			Užsakovo netenkinimas:	3
Priklausomybės:	18.			Konfliktai:	Nėra.
Papildoma medžiaga:	-				
Istorija:	Užregistruotas 2014 kovo 01d.				

Reikalavimas #:	20	Reikalavimo tipas:	9a	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	10
Aprašymas:	Sistema turi leisti pasirinkti kelis vartotojus duomenų palyginimui.				
Pagrindimas:	Kelių vartotojų pasirinkimas duomenų palyginimui.				
Šaltinis:	Vadovas.				
Tikimo kriterijus:	Pasirinkti keli vartotojai.				
Užsakovo tenkinimas:	4			Užsakovo netenkinimas:	4
Priklausomybės:	Nėra.			Konfliktai:	Nėra.
Papildoma medžiaga:	-				
Istorija:	Užregistruotas 2014 kovo 01d.				

Reikalavimas #:	21	Reikalavimo tipas:	9a	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	10
Aprašymas:	Sistema turi leisti pasirinkti duomenis kurie bus palyginami.				
Pagrindimas:	Norimų duomenų pasirinkimas duomenų atvaizdavimui.				
Šaltinis:	Vadovas.				
Tikimo kriterijus:	Atvaizduoti pasirinkti duomenys.				
Užsakovo tenkinimas:	3			Užsakovo netenkinimas:	3
Priklausomybės:	21.			Konfliktai:	Nėra.
Papildoma medžiaga:	-				
Istorija:	Užregistruotas 2014 kovo 01d.				

Reikalavimas #:	22	Reikalavimo tipas:	9a	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	11
Aprašymas:	Sistema turi leisti pasirinkti norimą vartotoją				
Pagrindimas:	Norimo vartotojo pasirinkimas.				
Šaltinis:	Vadovas.				
Tikimo kriterijus:	Pasirinktas norimas vartotojas.				
Užsakovo tenkinimas:	1			Užsakovo netenkinimas:	2
Priklausomybės:	Nėra.			Konfliktai:	Nėra.
Papildoma medžiaga:	-				
Istorija:	Užregistruotas 2014 kovo 01d.				

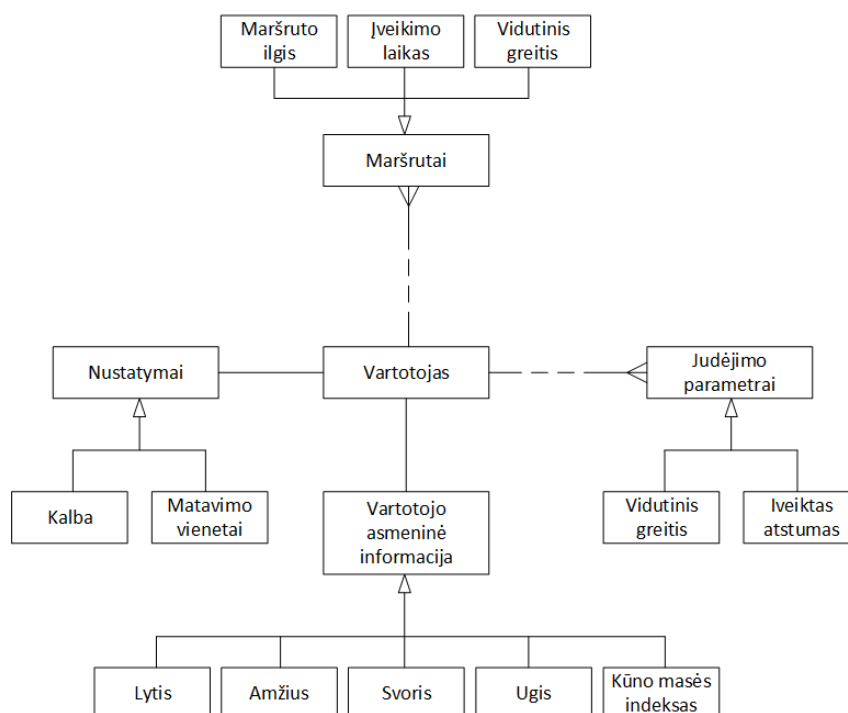
Reikalavimas #:	23	Reikalavimo tipas:	9a	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	11
Aprašymas:	Sistema turi leisti panaikinti pasirinkto vartotojo paskyrą.				
Pagrindimas:	Pasirinkto vartotojo panaikinimas.				
Šaltinis:	Vadovas.				
Tikimo kriterijus:	Panaikintas vartotojas.				
Užsakovo tenkinimas:	1			Užsakovo netenkinimas:	2
Priklausomybės:	22.			Konfliktai:	Nėra.
Papildoma medžiaga:	-				
Istorija:	Užregistruotas 2014 kovo 01d.				

Reikalavimas #:	24	Reikalavimo tipas:	9a	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	12
Aprašymas:	Sistema turi leisti pasirinkti norimus duomenis.				
Pagrindimas:	Nereikalingų duomenų pasirinkimas.				
Šaltinis:	Vadovas.				
Tikimo kriterijus:	Pasirinkti duomenys.				
Užsakovo tenkinimas:	1			Užsakovo netenkinimas:	2
Priklausomybės:	Nėra.			Konfliktai:	Nėra.
Papildoma medžiaga:	-				
Istorija:	Užregistruotas 2014 kovo 01d.				

Reikalavimas #:	25	Reikalavimo tipas:	9a	Įvykis/panaudojimo atvejis #:	12
Aprašymas:	Sistema turi leisti panaikinti pasirinktus duomenis.				
Pagrindimas:	Nereikalingų duomenų panaikinimas.				
Šaltinis:	Vadovas.				
Tikimo kriterijus:	Panaikinti duomenys.				
Užsakovo tenkinimas:	1			Užsakovo netenkinimas:	2
Priklausomybės:	24.			Konfliktai:	Nėra.
Papildoma medžiaga:	-				
Istorija:	Užregistruotas 2014 kovo 01d.				

### 3.2.2 Reikalavimai duomenims

Duomenų modelio diagrama pateikta 11 pav.

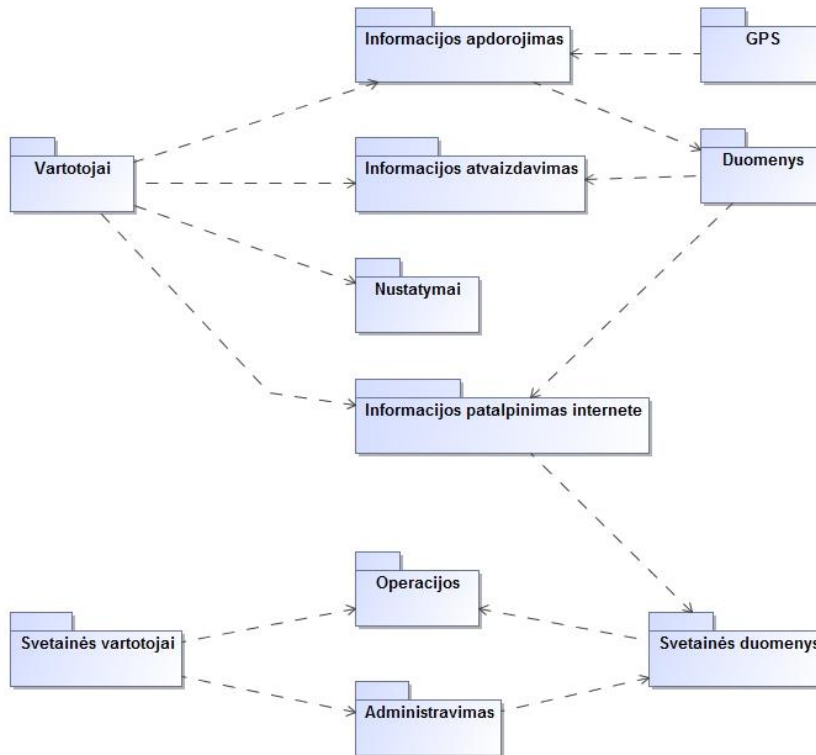


11 pav. Duomenų modelio diagrama

### 3.3 Sistemos statinis vaizdas

#### 3.3.1 Sistemos paketai

Išskaidyta į paketus sistema pateikta 12 pav.

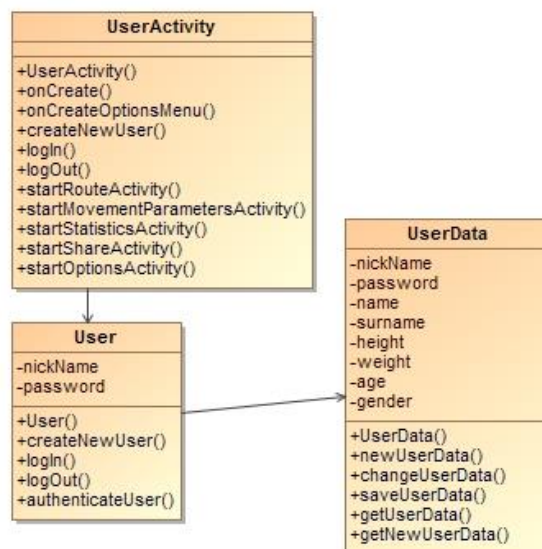


12 pav. Sistemos suskaidymas į paketus

#### 3.3.2 Paketų detalizavimas

##### 3.3.2.1 Paketas: Vartotojai

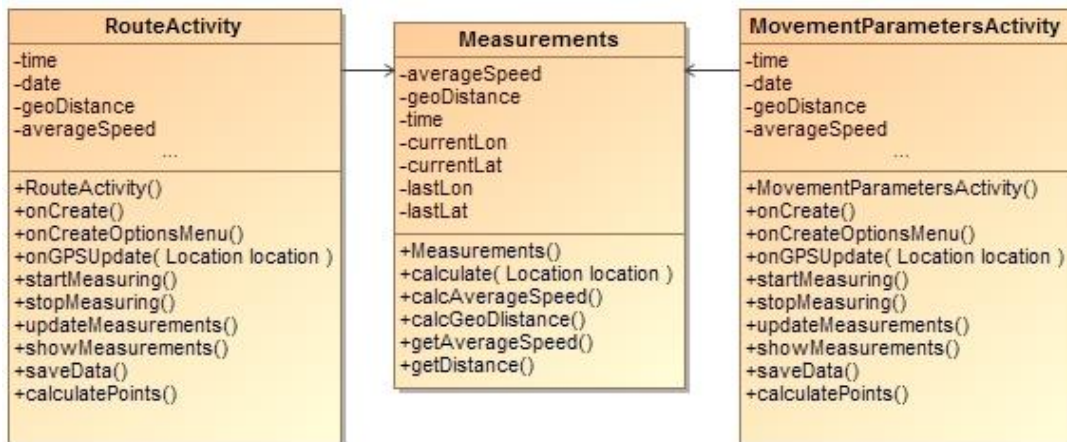
Pakete „Vartotojai“ yra pateikiamos klasės atsakingos už vartotojų prisijungimą, atsijungimą, naujų vartotojų sukūrimą ir kitų veiksmų, susijusių su programėlės vartotojais, atlikimą. Paketo klasių diagrama pateikiama 13 pav.



13 pav. Paketas „Vartotojai“

### 3.3.2.2 Paketas: Informacijos apdorojimas

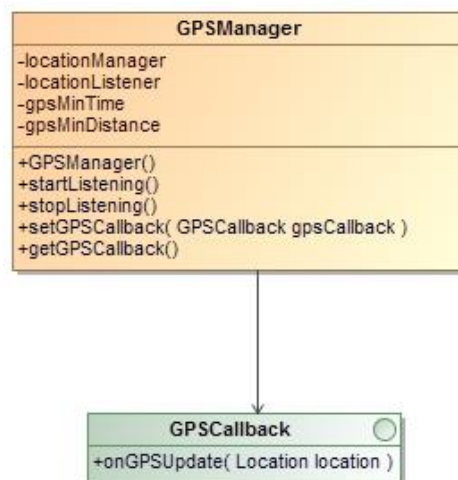
Pakete „Informacijos apdorojimas“ yra pateikiamos klasės atsakingos už programėlės duomenų matavimo langų veikimą, atliekamus veiksmus ir matavimus. Paketo klasių diagrama pateikiama 14 pav.



14 pav. Paketas „Informacijos apdorojimas“

### 3.3.2.3 Paketas: GPS

Pakete „GPS“ yra pateikiamos klasės atsakingos už telefono GPS imtuvo bendravimą su GPS palydovais. Šio paketo klasių diagrama pateikiama 15 pav.

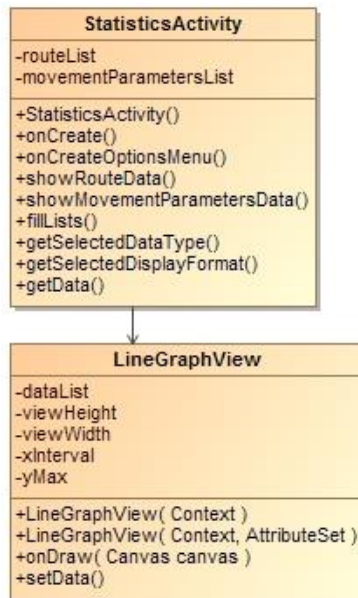


15 pav. Paketas „GPS“

### 3.3.2.4 Paketas: Informacijos atvaizdavimas

Pakete „Informacijos atvaizdavimas“ yra pateikiamos klasės atsakingos už programėlės statistikos lango veikimą, atliekamus veiksmus bei informacijos atvaizdavimą. Paketo klasių diagrama pateikiama 16 pav.

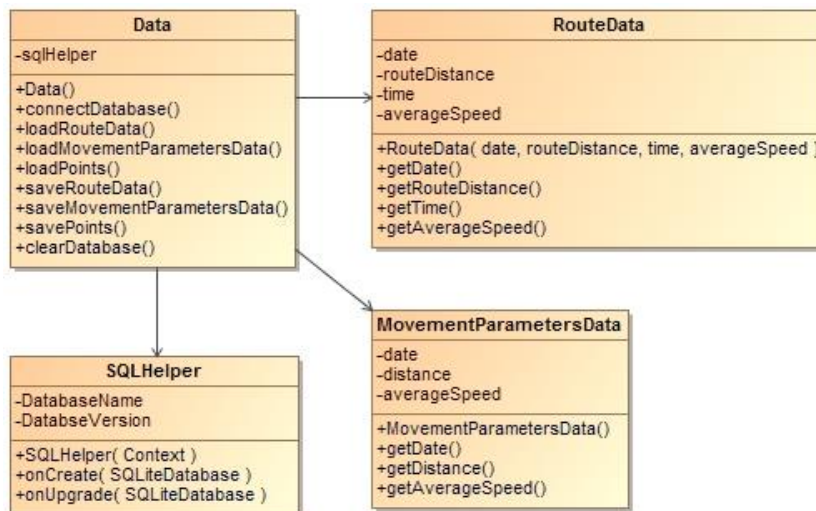




16 pav. Paketas „Informacijos atvaizdavimas“

### 3.3.2.5 Paketas: Duomenys

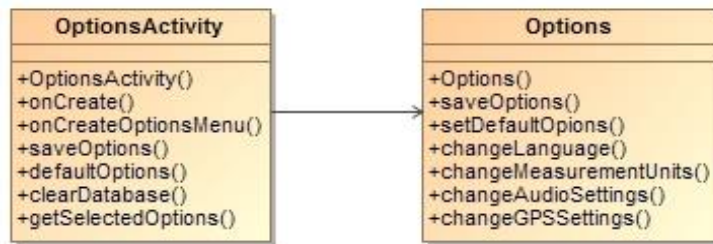
Paketas „Duomenys“ yra atsakingas už darbą su duomenų baze. Šio paketo klasių diagrama pateikiama 17 pav.



17 pav. Paketas „Duomenys“

### 3.3.2.6 Paketas: Nustatymai

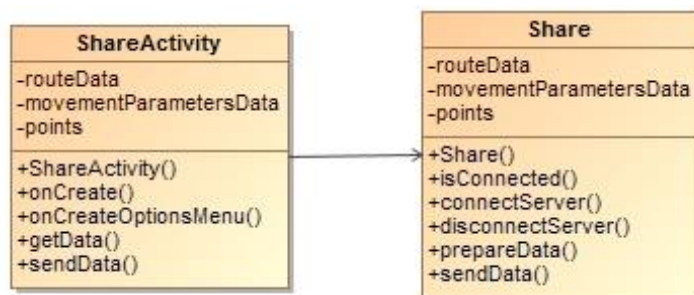
Paketas „Nustatymai“ yra atsakingas už nustatymų lango veikimą ir jame atliekamus veiksmus. Šio paketo klasių diagrama pateikiama 18 pav.



18 pav. Paketas „Nustatymai“

### 3.3.2.7 Paketas: Informacijos patalpinimas internete

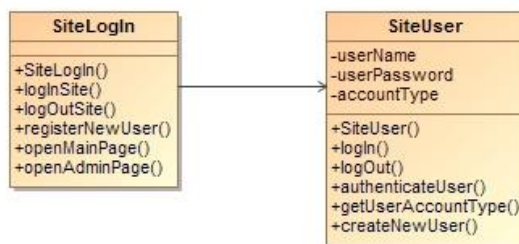
Paketas „Informacijos patalpinimas internete“ yra atsakingas už informacijos patalpinimo internete lango veikimą bei už informacijos patalpinimą į serverį. Paketo klasių diagrama pateikiama 19 pav.



19 pav. Paketas „Informacijos patalpinimas internete“

### 3.3.2.8 Paketas: Svetainės vartotojai

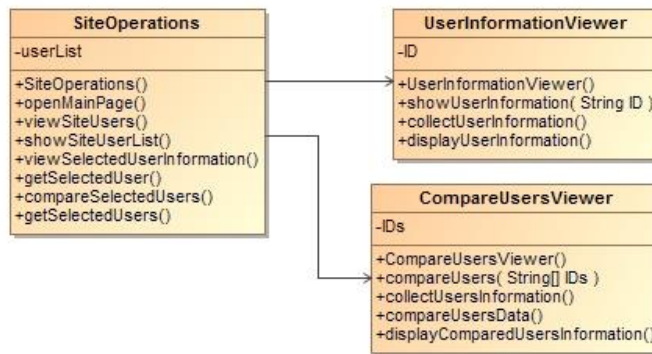
Paketas „Svetainės vartotojai“ yra atsakingas už svetainės vartotojų prisijungimą, atsijungimą ir naujų vartotojų sukūrimą. Šio paketo klasių diagrama pateikiama 20 pav.



20 pav. Paketas „Svetainės vartotojai“

### 3.3.2.9 Paketas: Operacijos

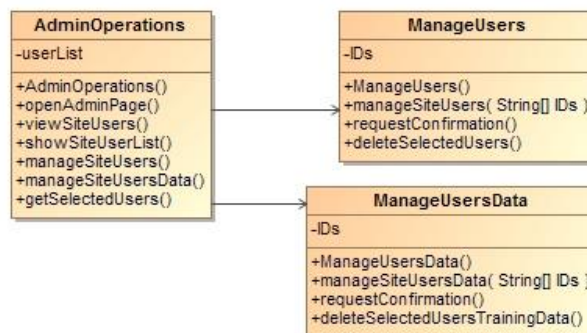
Paketas „Operacijos“ yra atsakingas už vartotojams skirtos sąsajos veikimą ir atliekamus veiksmus. Šio paketo klasių diagrama pateikiama 21 pav.



21 pav. Paketas „Operacijos“

### 3.3.2.10 Paketas: Administravimas

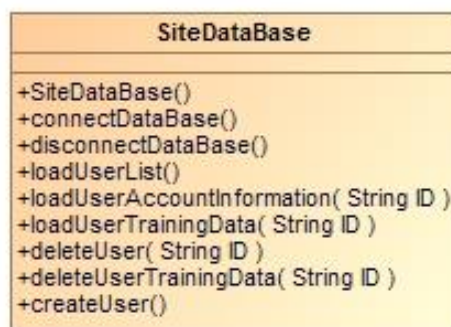
Paketas „Administravimas“ yra atsakingas už administratoriams skirtos sąsajos veikimą ir atliekamus veiksmus. Paketo klasių diagrama pateikta 22 pav.



22 pav. Paketas „Administravimas“

### 3.3.2.11 Paketas: Svetainės duomenys

Paketas „Svetainės duomenys“ yra atsakingas už darbą su svetainės duomenų baze. Šio paketo klasių diagrama pateikiama 23 pav.



23 pav. Paketas „Svetainės duomenys“

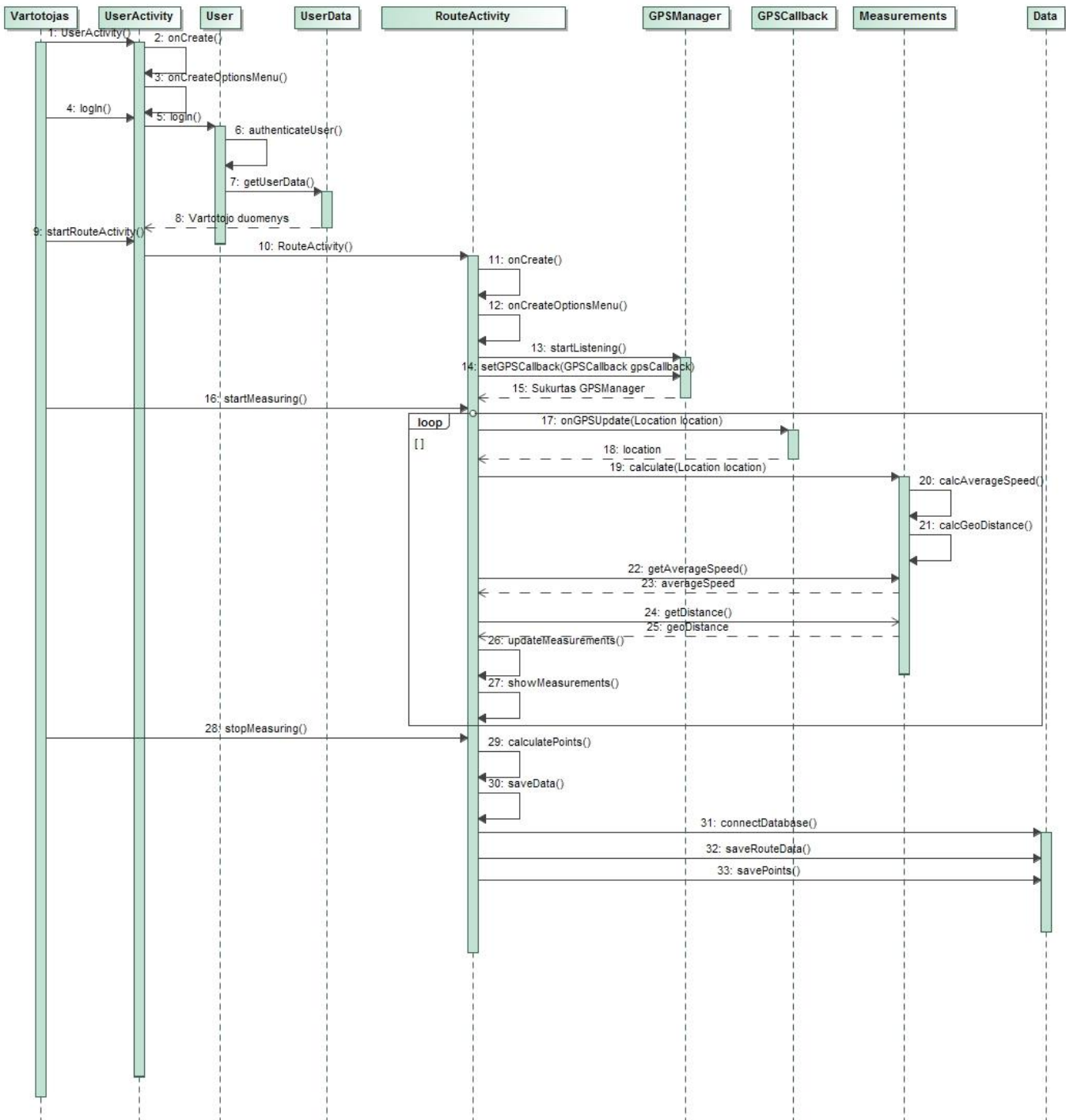
### 3.4 Sistemos dinaminis vaizdas

#### 3.4.1 Sąveikos diagramos

Šiame poskyryje yra pateikiamos esminės sistemos sąveikos diagramos.

##### 3.4.1.1 „Sėkti maršrutą“ sekos diagrama

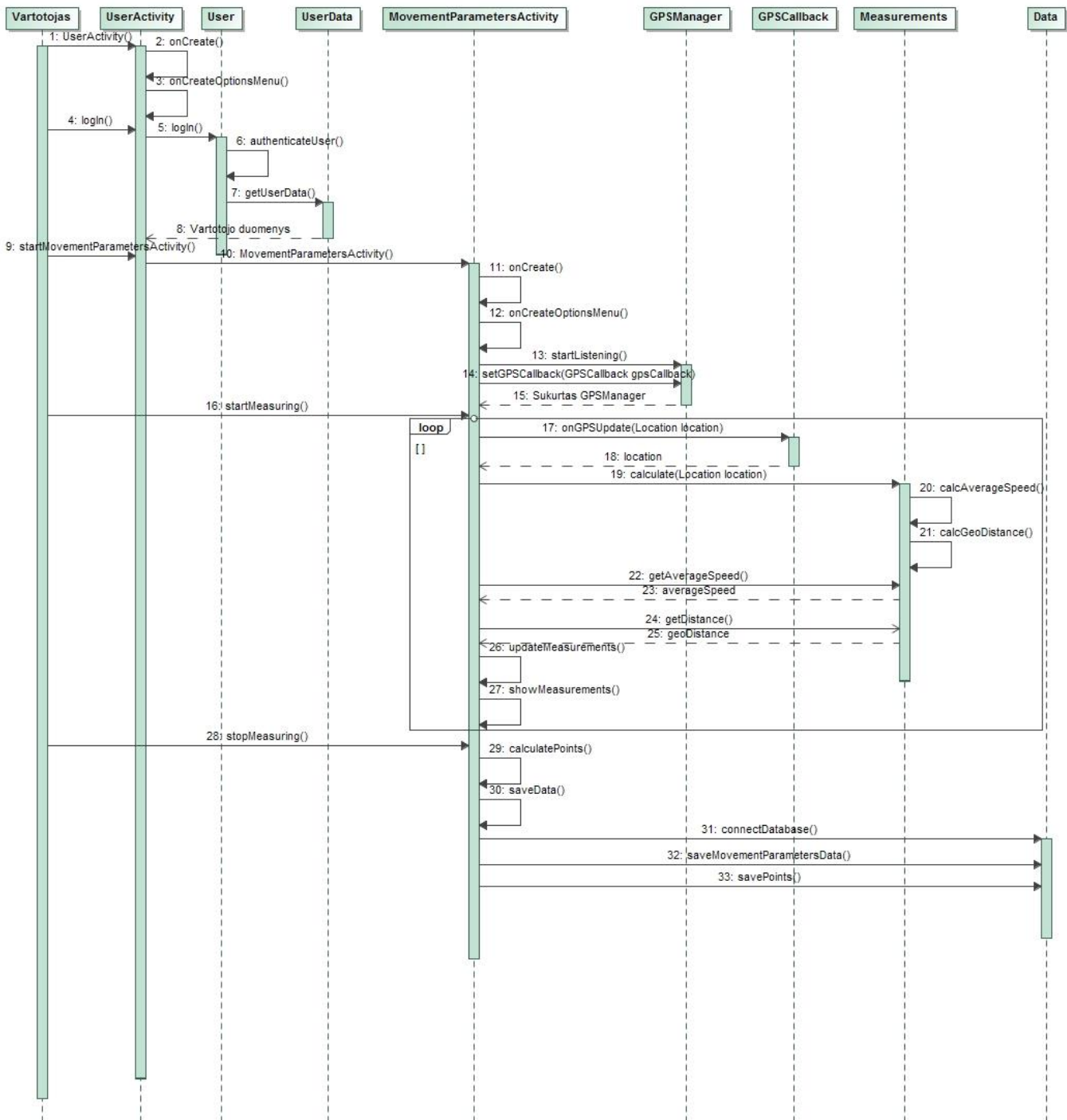
„Sėkti maršrutą“ sekos diagrama pateikiama 24 pav.



24 pav. „Sėkti maršrutą“ sekos diagrama

### 3.4.1.2 „Matuoti judėjimo parametrus“ sekos diagrama

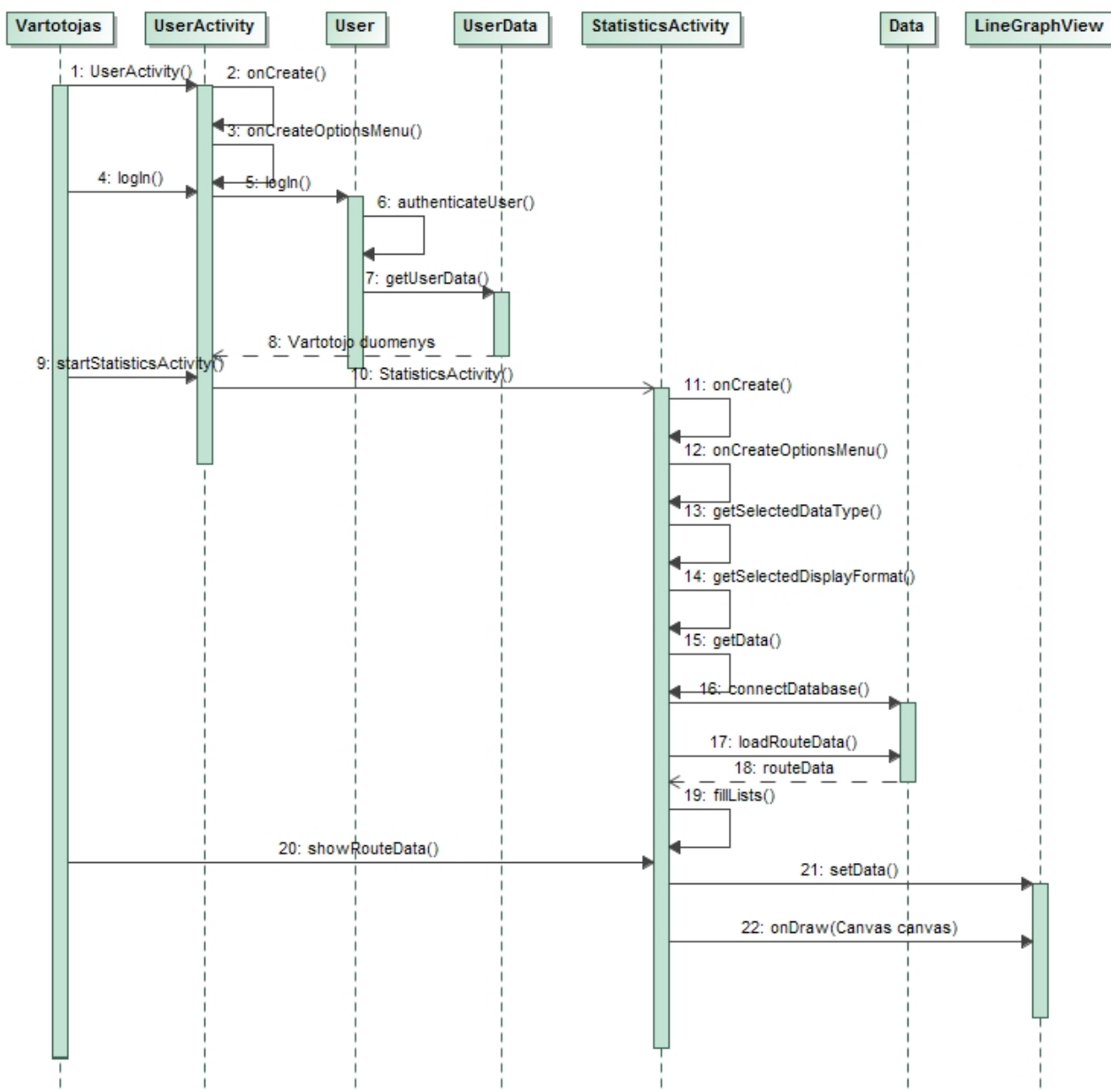
„Matuoti judėjimo parametrus“ sekos diagrama pateikiama 25 pav.



25 pav. „Matuoti judėjimo parametrus“ sekos diagrama

### 3.4.1.3 „Peržiūrėti įveiktų maršrutų informaciją“ sekos diagrama

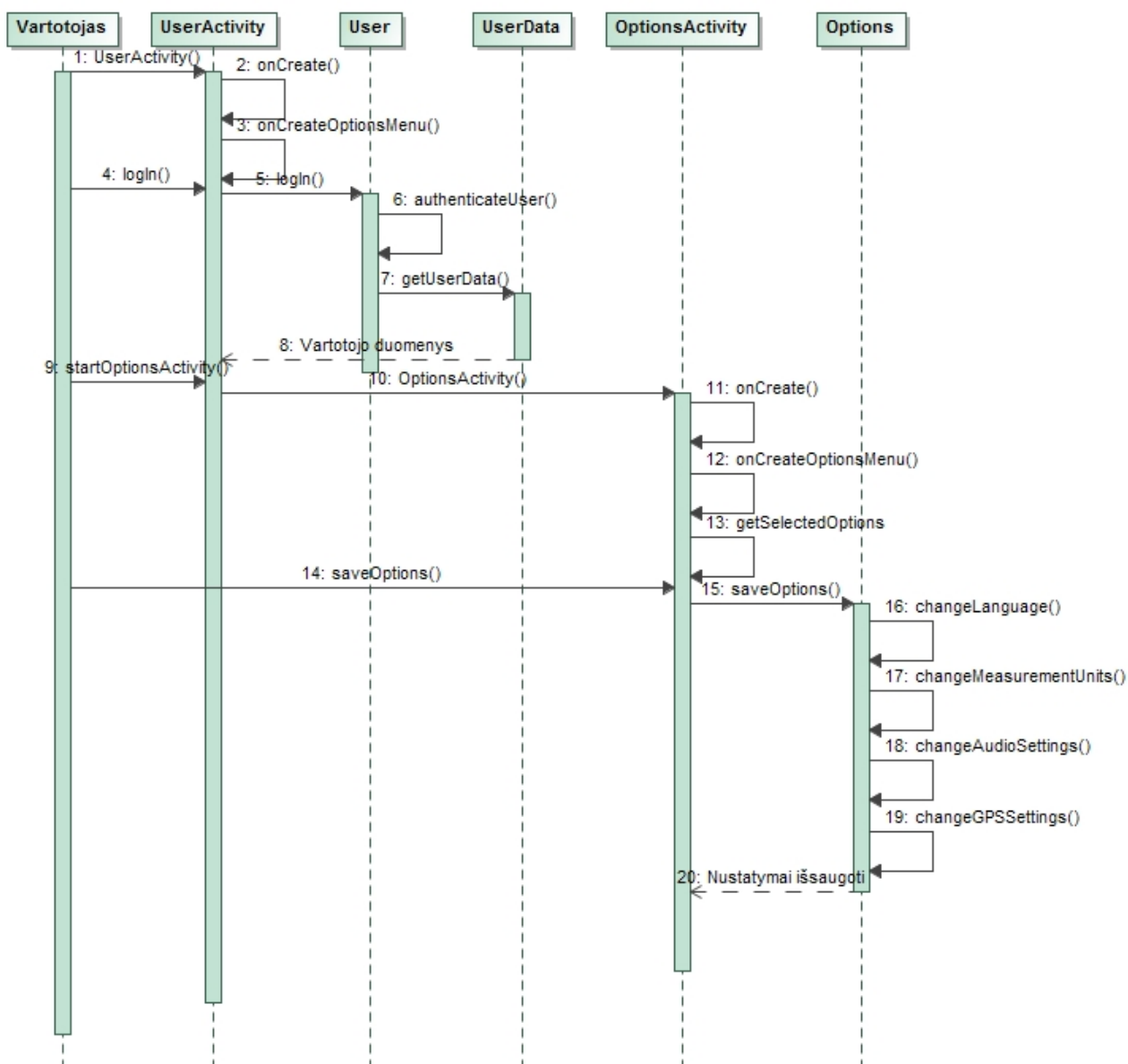
„Peržiūrėti įveiktų maršrutų informaciją“ sekos diagrama pateikiama 26 pav.



26 pav. „Peržiūrėti įveiktų maršrutų informaciją“ sekos diagrama

### 3.4.1.4 „Keisti nustatymus“ sekos diagrama

„Keisti nustatymus“ sekos diagrama pateikiama 27 pav.

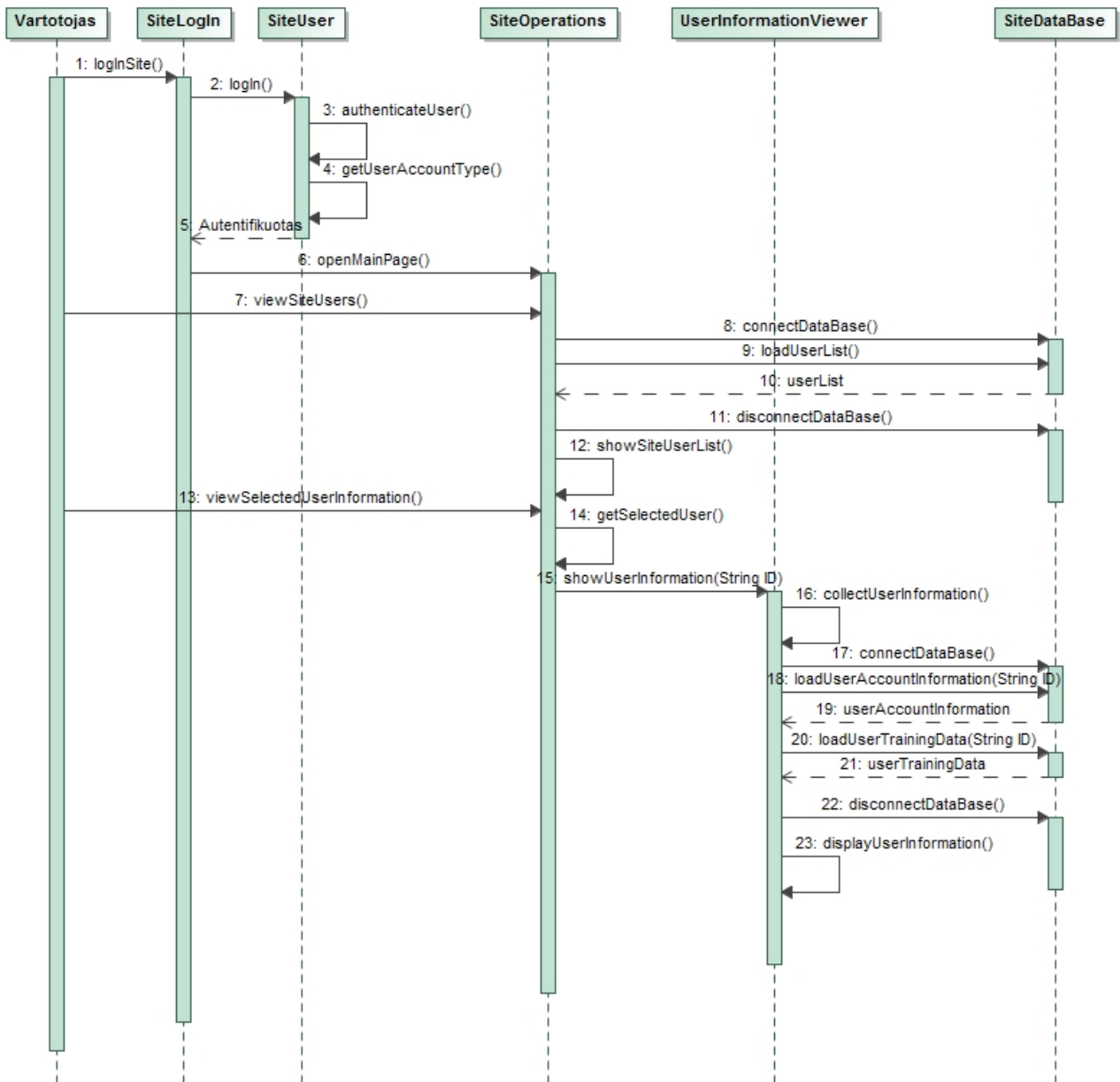


27 pav. „Keisti nustatymus“ sekos diagrama



### 3.4.1.5 „Peržiūrėti duomenis“ sekos diagrama

„Peržiūrėti duomenis“ sekos diagrama pateikiama 28 pav.

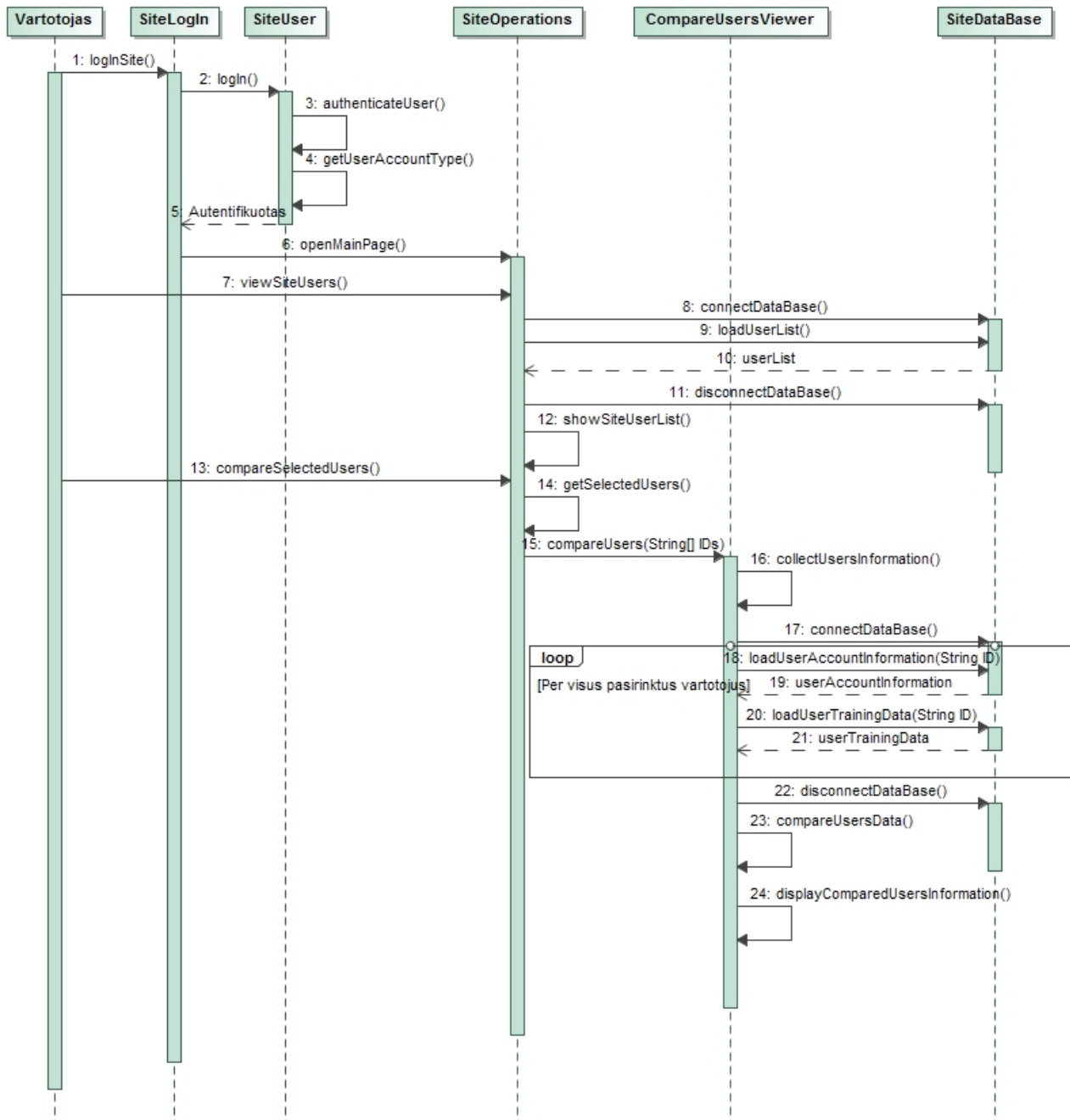


28 pav. „Peržiūrėti duomenis“ sekos diagrama



### 3.4.1.6 „Palyginti duomenis su kitų vartotojų duomenimis“ sekos diagrama

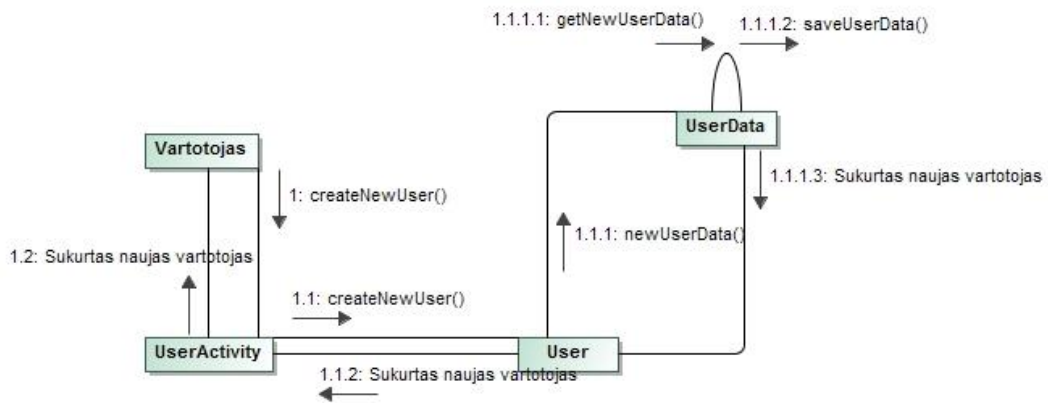
„Palyginti duomenis su kitų vartotojų duomenimis“ sekos diagrama pateikiama 29 pav.



29 pav. „Palyginti duomenis su kitų vartotojų duomenimis“ sekos diagrama

### 3.4.2 Bendradarbiavimo diagrama

„Sukurti vartotoją“ bendradarbiavimo diagrama pateikiama 30 pav.



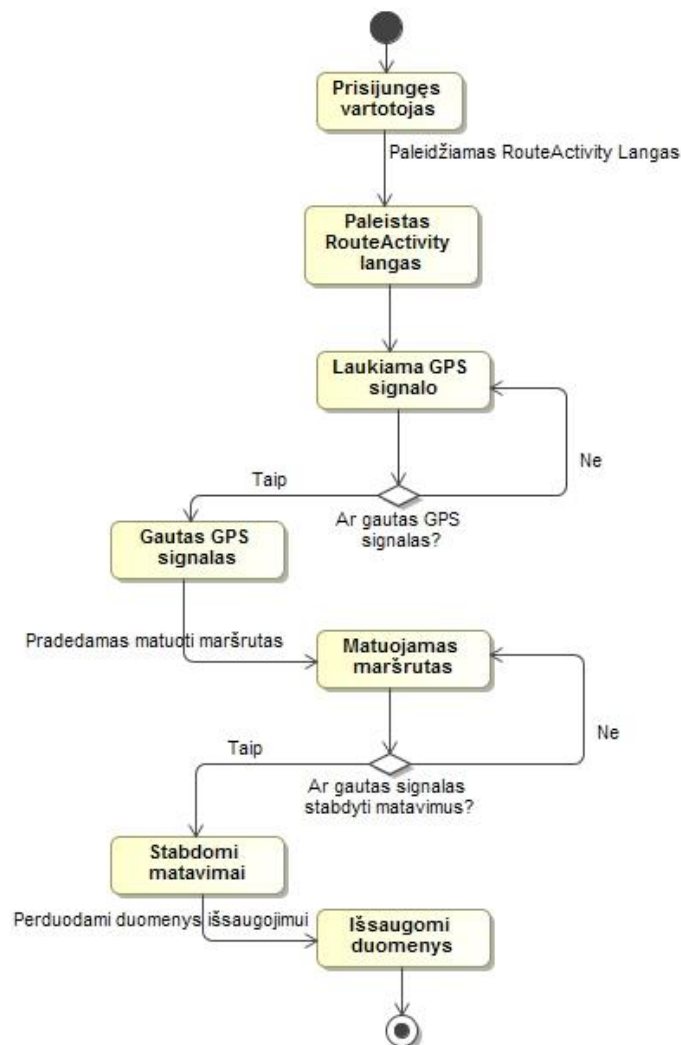
30 pav. „Sukurti vartotoją“ bendradarbiavimo diagrama

### 3.4.3 Būsenų diagramos

Šiame poskyryje pateikiamos esminės sistemos būsenų diagramos

#### 3.4.3.1 „Sėkti maršrutą“ būsenų diagrama

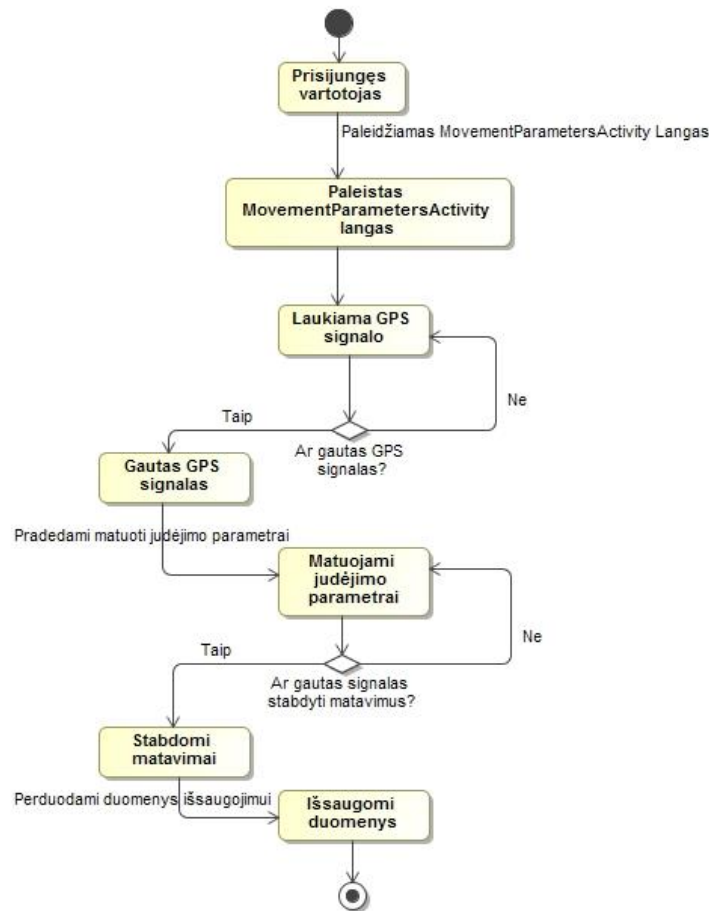
„Sėkti maršrutą“ būsenų diagrama pateikta 31 pav.



31 pav. „Sėkti maršrutą“ būsenų diagrama

### 3.4.3.2 „Matuoti judėjimo parametrus“ būsenų diagrama

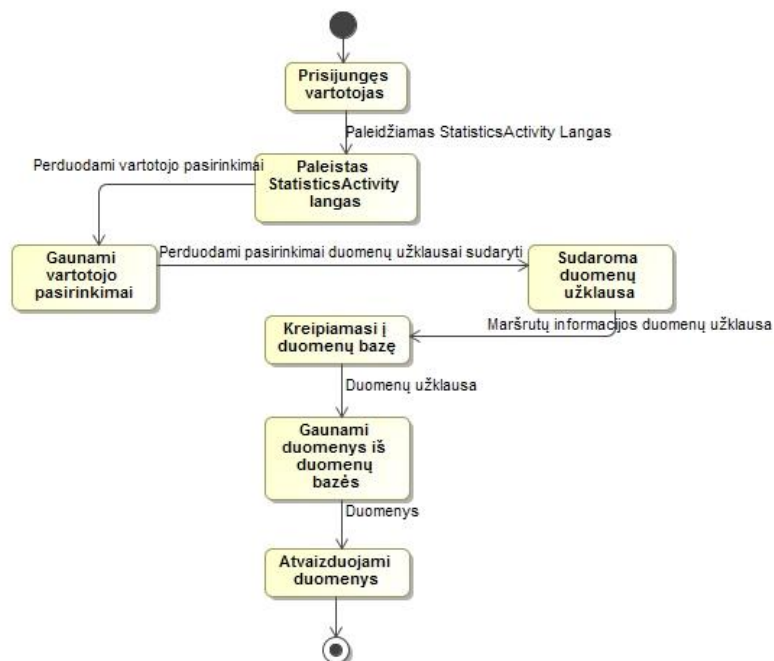
„Matuoti judėjimo parametrus“ būsenų diagrama pateikta 32 pav.



32 pav. „Matuoti judėjimo parametrus“ būsenų diagrama

### 3.4.3.3 „Peržiūrėti įveiktų maršrutų informaciją“ būsenų diagrama

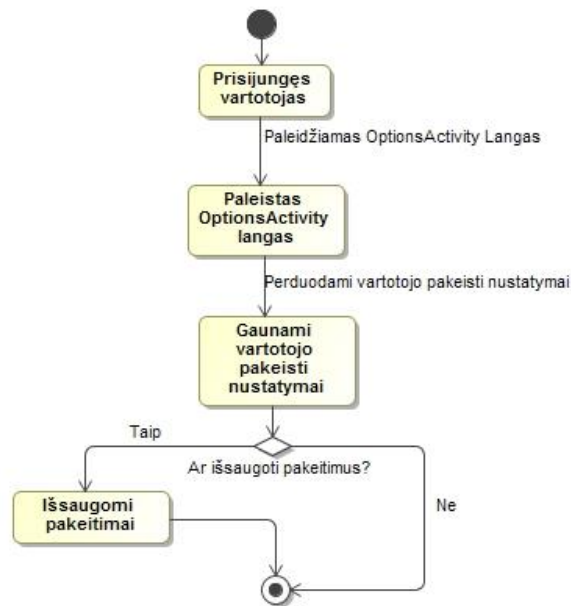
„Peržiūrėti įveiktų maršrutų informaciją“ būsenų diagrama pateikta 33 pav.



33 pav. „Peržiūrėti įveiktų maršrutų informaciją“ būsenų diagrama

### 3.4.3.4 „Keisti nustatymus“ būsenų diagrama

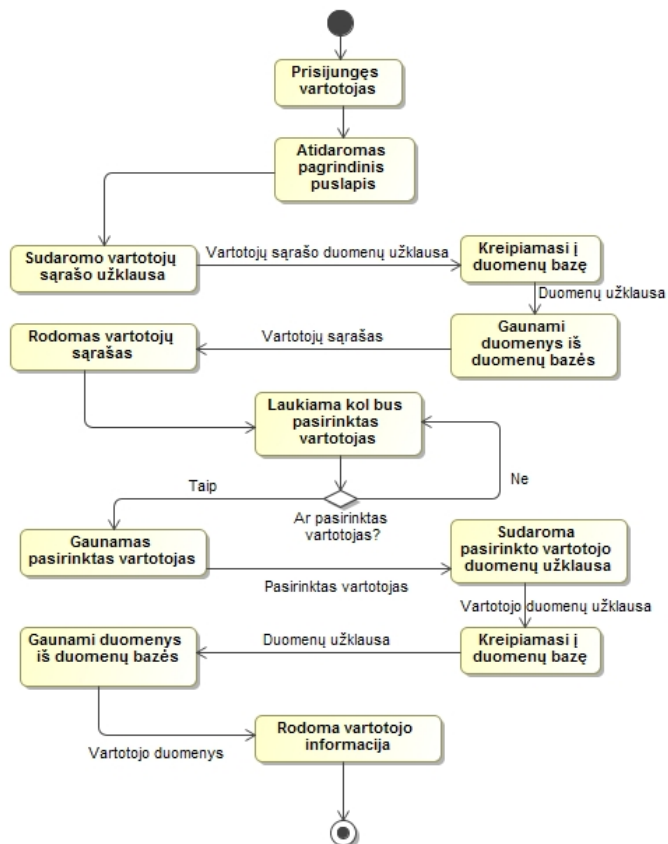
„Keisti nustatymus“ būsenų diagrama pateikta 34 pav.



34 pav. „Keisti nustatymus“ būsenų diagrama

### 3.4.3.5 „Peržiūrėti duomenis“ būsenų diagrama

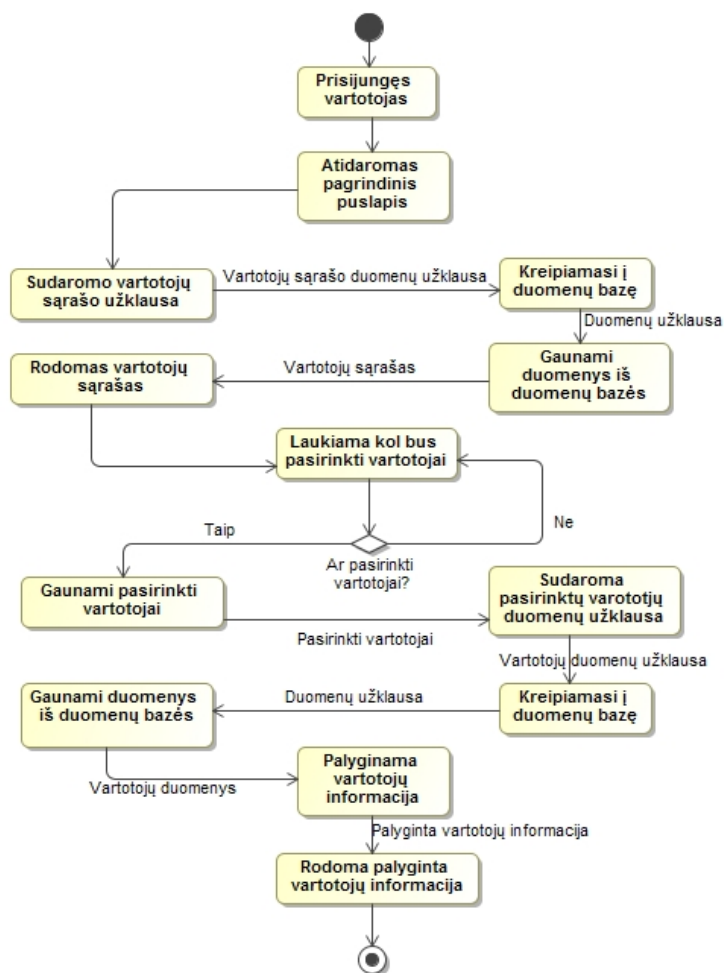
„Peržiūrėti duomenis“ būsenų diagrama pateikta 35 pav.



35 pav. „Peržiūrėti duomenis“ būsenų diagrama

### 3.4.3.6 „Palyginti duomenis su kitų vartotojų duomenimis“ būsenų diagrama

„Palyginti duomenis su kitų vartotojų duomenimis“ būsenų diagrama pateikta 36 pav.



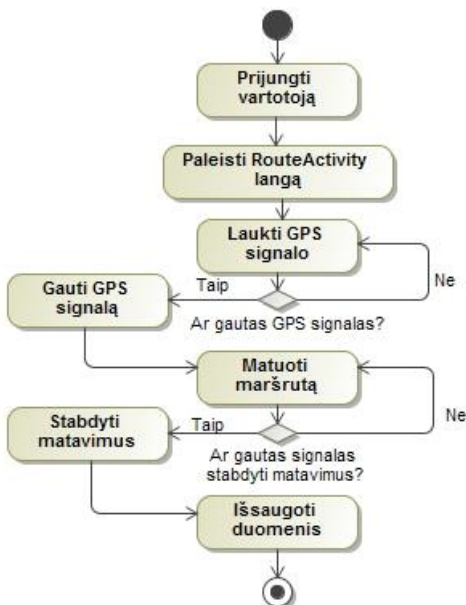
36 pav. „Palyginti duomenis su kitų vartotojų duomenimis“ būsenų diagrama

### 3.4.4 Veiklos diagramos

Šiame poskyryje yra pateikiamos esminės sistemos veiklos diagramos

#### 3.4.4.1 „Sekti maršrutą“ veiklos diagrama

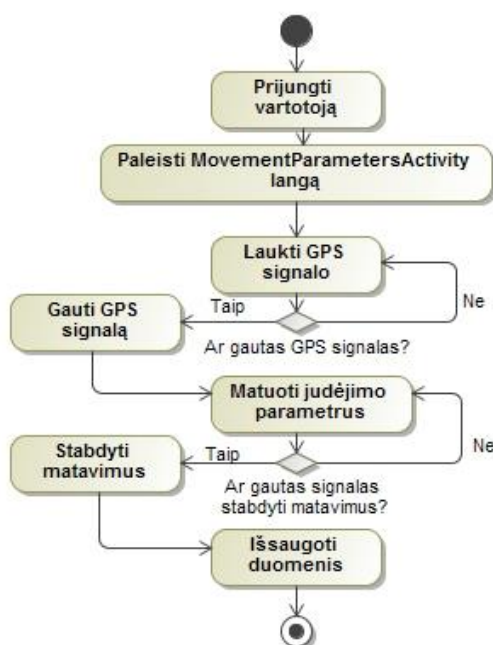
„Sekti maršrutą“ veiklos diagrama pateikta 37 pav.



37 pav. „Sekti maršrutą“ veiklos diagrama

### 3.4.4.2 „Matuoti judėjimo parametrus“ veiklos diagrama

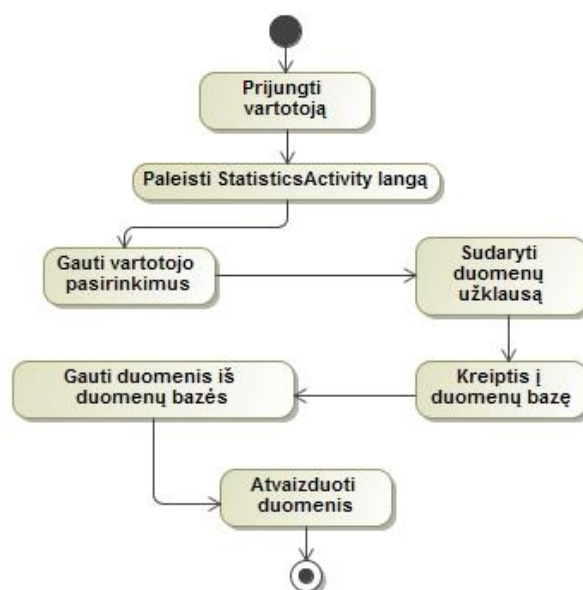
„Matuoti judėjimo parametrus“ veiklos diagrama pateikta 38 pav.



38 pav. „Matuoti judėjimo parametrus“ veiklos diagrama

### 3.4.4.3 „Peržiūrėti įveiktų maršrutų informaciją“ veiklos diagrama

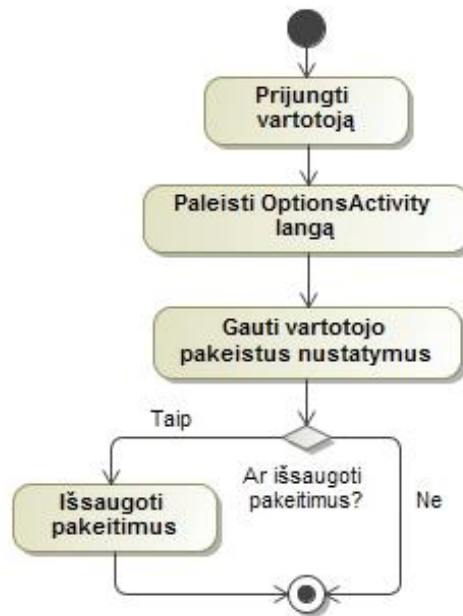
„Peržiūrėti įveiktų maršrutų informaciją“ veiklos diagrama pateikta 39 pav.



39 pav. „Peržiūrėti įveiktų maršrutų informaciją“ veiklos diagrama

### 3.4.4.4 „Keisti nustatymus“ veiklos diagrama

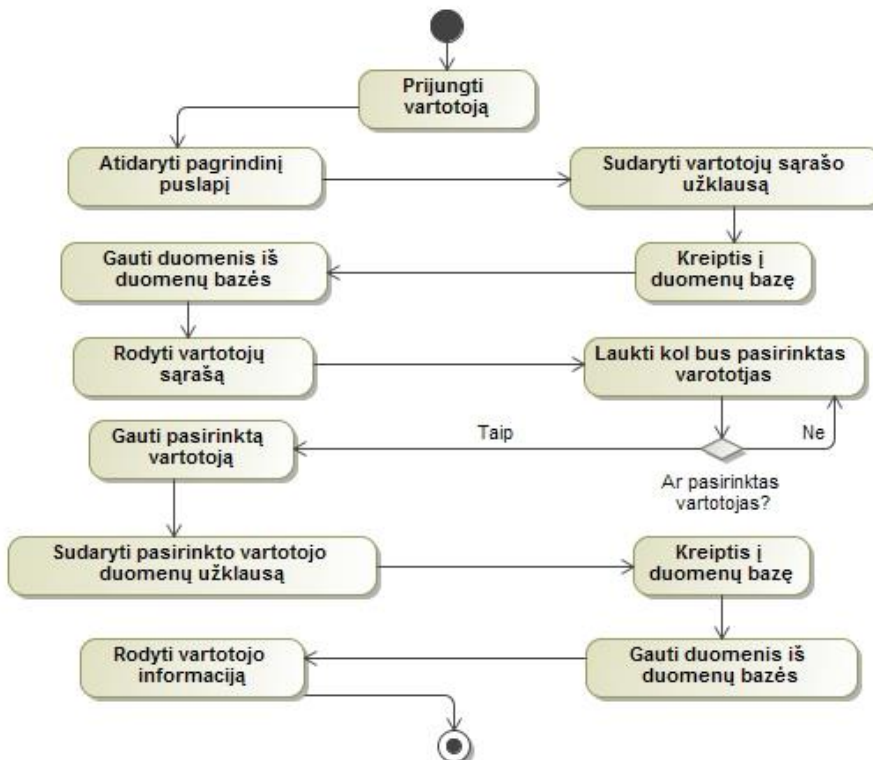
„Keisti nustatymus“ veiklos diagrama pateikta 40 pav.



40 pav. „Keisti nustatymus“ veiklos diagrama

### 3.4.4.5 „Peržiūrėti duomenis“ veiklos diagrama

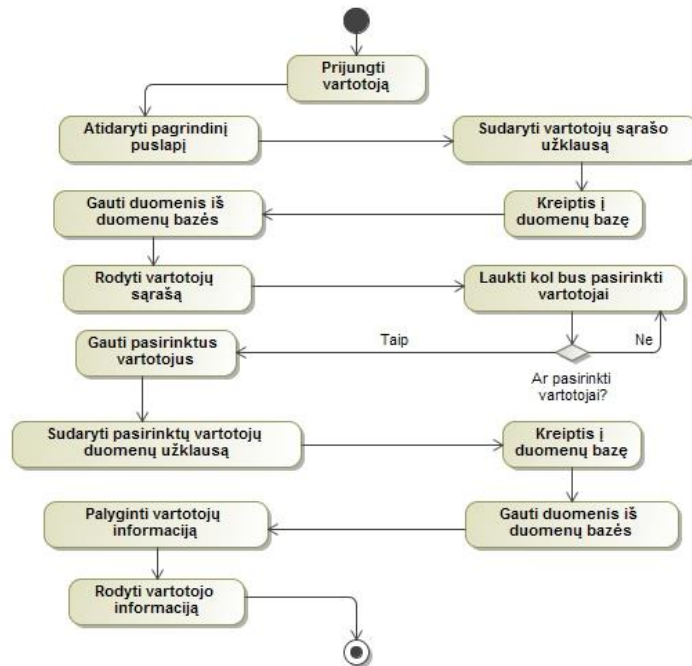
„Peržiūrėti duomenis“ veiklos diagrama pateikta 41 pav.



41 pav. „Peržiūrėti duomenis“ veiklos diagrama

### 3.4.4.6 „Palyginti duomenis su kitų vartotojų duomenimis“ veiklos diagrama

„Palyginti duomenis su kitų vartotojų duomenimis“ veiklos diagrama pateikta 42 pav.



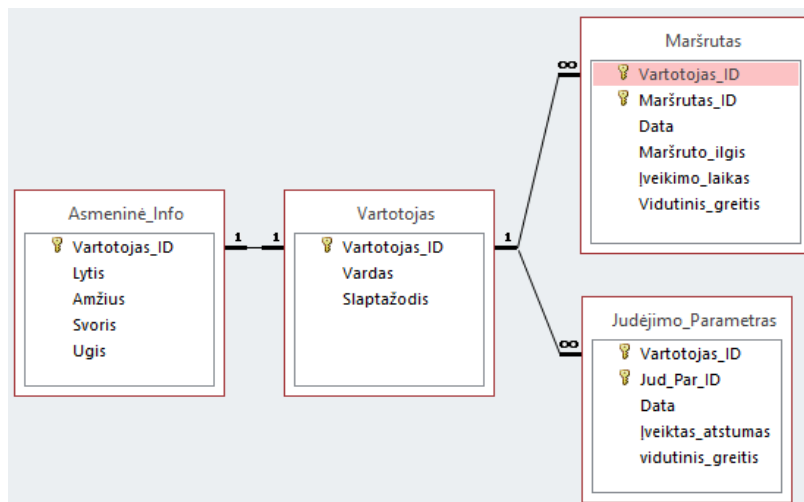
42 pav. „Palyginti duomenis su kitų vartotojų duomenimis“ veiklos diagrama

### 3.5 Duomenų vaizdas

Šiame skyriuje pateikiama duomenų bazės schema (43 pav.).

Duomenų bazės lentelių paskirtis:

- Lentelėje „Vartotojas“ – saugomi vartotojo prisijungimo duomenys.
- Lentelėje „Asmeninė\_Info“ – saugoma vartotojo asmeninė informacija.
- Lentelėje „Maršrutas“ – saugoma įveiktų maršrutų informacija.
- Lentelėje „Judėjimo\_Parametras“ – saugoma surinktų judėjimo parametru informacija.



43 pav. Duomenų bazės schema



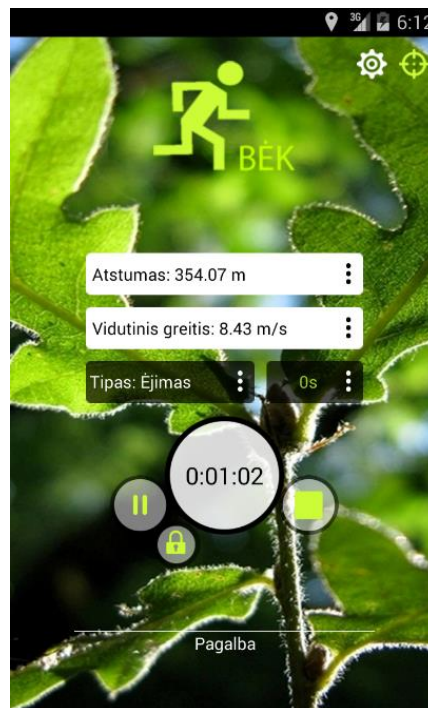
## 4. TYRIMO DALIS

### 4.1 Tyrimo tikslas

Pagrindinis tyrimo tikslas yra iširti magistrinio darbo metu sukurtos maršrutų registravimo ir stebėjimo sistemos tikslumą ir patikimumą, tam tikromis charakteristikomis pasižyminčiose treniruočių aplinkose. Taip pat, aptarti gautus sistemos tyrimo rezultatus, įvertinti jų tikslumą bei nurodyti galimus sistemos patobulinimus, siekiant pagerinti sistemos veikimą vartotojų treniruočių bei įvairių varžybų metu.

### 4.2 Maršrutų registravimo ir stebėjimo sistemos veikimo principas

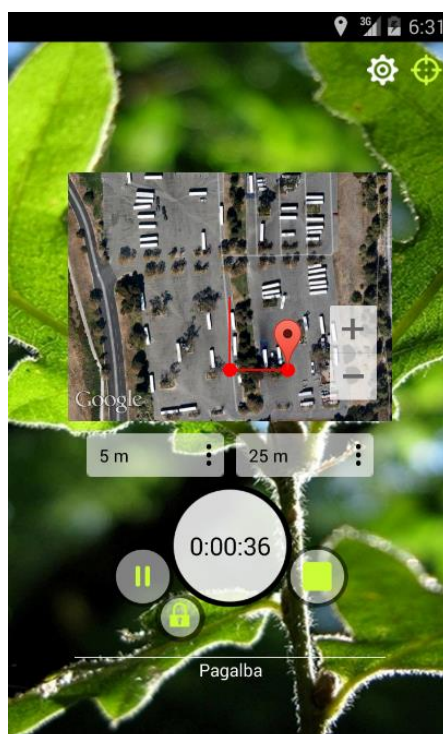
Vos tik paleidus maršrutų registravimo ir stebėjimo mobiliąją programėlę, ji mėgina prisijungti prie GPS palydovų. Sėkmingai tai atlikus, programėlė pradeda gauti mobiliojo įrenginio GPS koordinates, iš kurių yra apskaičiuojama visa reikalinga programėlės vartotojo judėjimo informacija (44 pav.). Telefono ryšio su GPS palydovais kokybė yra nusakoma pagal palydovų skaičių, prie kurių mūsų išmanusis telefonas sugebėjo prisijungti. Prie kuo daugiau palydovų telefonas aptiko ir prisijungė, tuo yra gaunamos tikslesnės buvimo vietos koordinatės bei iš jų yra apskaičiuojami tikslesni vartotojo judėjimo parametrai.



**44 pav.** Programėlės langas skaičiuojant vartotojo judėjimo parametrus

Sudarinėjant maršrutą (45 pav.), vartotojas įsijungęs maršruto sudarymo režimą, įveikinėja jį savo tradiciniu bėgimo ritmu, o tuo metu programėlė kas tam tikrą atstumą registruoja maršruto atskaitos taškų koordinates, kurios vėliau bus naudojamos siekiant įvertinti ar vartotojas teisingai įveikinėja jau sudarytą tą patį maršrutą. Įveikus visą maršrutą, vartotojas išsaugo surinktą jo informaciją savo telefono atmintyje. Sekantį kartą vartotojas norėdamas įveikti tą pačią trasą, pasirenka

jau sudarytą maršrutą savo telefone ir tada telefonas pagal seniau užregistruotus atskaitos taškus ir jų įveikimo laiką, įvertina sportininko bėgimą ir jo judėjimo parametrus.



**45 pav.** Programėlės langas sudarinėjant maršrutą

Pagrindinė problema, matuojant vartotojo maršrutą tokiu principu yra ta, jog fiksuojant atskaitos taškų koordinates tiek maršruto sudarymo, tiek įveikimo metu turi būti užtikrinama kiek įmanoma mažesnė GPS koordinačių paklaida, o tai reiškia, jog yra būtinas labai geras telefono ryšys su GPS palydovais, kas realiomis sąlygomis pasitaiko labai retai. Atsiradus tam tikroms paklaidoms nustatant vartotojo telefono buvimo vietą, tikslus maršruto sekimas gali tapti neįmanomas, nes, bėgimo metu, nebus tinkamai užfiksuojami maršruto atskaitos taškai, kurių dėka yra įvertinama ar vartotojas tinkamai įveikinėja maršrutą, nesukčiauja. Taip pat, atsiradusios paklaidos gali įtakoti ir kitus vartotojo judėjimo parametrus, pavyzdžiui: vidutinį judėjimo greitį, įveiktą atstumą bei kai kuriais atvejais netgi ir patį maršruto įveikimo laiką, kuris sportininkui gali būti labai aktualus.

### 4.3 Tyrimo aprašymas

Tyrimo metu yra siekiama įvertinti kokią įtaką maršruto registravimo ir stebėjimo sistemos rezultatams daro gaunamos klaidingos buvimo vietos koordinatės iš GPS palydovų, naudojantis sistema realiomis treniruotės sąlygomis. Siekiant tai įvertinti, buvo atlikti dviejų tipų eksperimentai:

1. Nejudančio vartotojo mobiliojo įrenginio padėties paklaidos nustatymo eksperimentas;
2. Vartotojo įveikiamo maršruto gaunamų paklaidų nustatymo eksperimentas.

Pirmojo eksperimento tikslas yra įvertinti, su kokio didumo paklaida mobilusis įrenginys gali nustatyti tam tikrą vartotojo buvimo vietą esant tam tikroms aplinkos sąlygoms, kurios gali įtakoti

prastesnę telefono GPS ryšio kokybę. Eksperimento metu, mobilusis įrenginys yra ištestuojamas trijų tipų aplinkose:

- Miške, kuriame didelę įtaką GPS ryšio kokybei gali įtakoti dideli medžiai;
- Miesto gatvėje, kur gerai GPS ryšio kokybei gali trukdyti įvairūs pastatai;
- Teritorijoje be didelių pašalinių objektų, kurioje vienintelė galima paklaidos priežastis – nelygus žemės paviršiaus reljefas.

Šio tyrimo dėka galima nustatyti, kaip klaidingai maršrutų registravimo ir stebėjimo programėlė supras esamą vartotojo buvimo vietą ir apskaičiuos įvairius vartotojo judėjimo parametrus: vartotojo judėjimo greitį, įveikiamą atstumą ir t.t. Taip pat, šio tyrimo dėka galima įvertinti ar sudarinėjant bei įveikinėjant tam tikrą maršrutą bus tiksliai nustatyti maršruto atskaitos taškai, kurie yra vienas iš esminių dalykų siekiant įvertinti vartotojo įveikiamą maršrutą.

Tyrimo pirmojo eksperimento rezultatai yra pateikti skyriuje: 5.3 Eksperimentas Nr. 1.

Antrasis eksperimentas yra labiau orientuotas į vartotojo maršruto įveikimą. Šio eksperimento tikslas yra nustatyti įveikiamo maršruto padėties paklaidas skirtingose sportavimo aplinkose. Įveikiamo maršruto padėties paklaidos yra nustatomos palyginant maršruto įveikimo metu surinktas koordinatas su nustatytomis tikslėmis viso maršruto koordinatėmis. Taip pat, šio tyrimo dėka galima įvertinti GPS paklaidos sudaromą įtaką apskaičiuojant įveikiamą vartotojo maršruto atstumą. Pats eksperimentas buvo atliktas dviejuose vietose:

- Pamiškėje, kur GPS gaunamų koordinatinių tikslumui įtakos turėjo medžiai ir aplinkos reljefas;
- Mieste – šaligatvyje, kur koordinatinių tikslumui įtakos turėjo aplinkiniai medžiai ir namai.

Tyrimo antrojo eksperimento rezultatai yra pateikti skyriuje: 5.4 Eksperimentas Nr. 2.

#### **4.4 Tyrimo eiga**

Tyrimo pirmojo eksperimento metu, iš pradžių, buvo nustatytos trys skirtingomis aplinkos charakteristikomis pasižyminčios vietos: tam tikra vieta miške, vieta miesto gatvėje ir vieta užmiestyje. Po to, iš eilės kiekvienoje nustatytoje vietoje, buvo paliekamas išmanusis telefonas su įjungtu GPS imtuvu, kuriame maršrutų registravimo ir stebėjimo programėlė, be perstojo, registravo telefono buvimo vietos koordinatas. Kiekvienoje aplinkoje telefonas buvo laikomas nejudinamas vienoje vietoje 4 – 5 minutes. Po to, matavimai buvo sustabdomi ir iš telefono buvo iškeliamas rezultatų failas su sukauptomis telefono buvimo vietos koordinatėmis.

Atlikus bandymus visose trijose aplinkose, buvo pereita prie rezultatų apdorojimo etapo. Iš pradžių, visiems trimis atvejais atskirai, buvo apskaičiuojamos atstumo  $x$  ašies atžvilgiu, atstumo  $y$  ašies atžvilgiu ir bendro atstumo paklaidos lyginant kiekvieno bandymo metu gautą koordinatę su pačia pirma gauta bandymo buvimo vietos koordinate. Tada, iš šių apskaičiuotų atstumo paklaidų buvo sudaromi padėties kitimo eksperimento metu grafikai. Taip pat, kiekvienam bandymui, buvo apskaičiuojama gauta didžiausia, mažiausia ir vidutinė paklaidos. Be to, iš gautų rezultatų buvo sudarytos bandymų paklaidų histogramos.

Tyrimo antrojo eksperimento etapo metu, iš pradžių, buvo išsirenkami du maršrutai pasižymintys skirtingomis aplinkos charakteristikomis: maršrutas pamiškėje ir maršrutas mieste. Po to, kiekvieno maršruto pradžioje buvo įjungiamas telefono GPS imtuvas bei maršrutų registravimo ir stebėjimo programėlė. Tada, buvo pradėtas įveikinti kiekvienas iš anksto numatytas maršrutas. Maršruto įveikinėjimo metu buvo registruojama kiekviena gaunama buvimo vietos koordinatė. Įveikus maršrutą, koordinačių registravimas buvo sustabdomas ir išsaugomi surinkti rezultatai.

Įveikus abu maršrutus, buvo pereita prie rezultatų apdorojimo etapo. Iš pradžių, kiekvienam bandymui atskirai, buvo imama kiekviena surinkta maršruto koordinatė ir ieškomas artimiausias taškas realiaame iš anksto sudarytame maršrute. Radus artimiausią tašką, buvo apskaičiuojamas atstumas iki jo ir tada buvo pereinama prie kitos maršruto metu surinktos koordinatės. Visas šis procesas buvo kartojamas tol, kol buvo išanalizuotos visos surinktos koordinatės. Išanalizavus visas koordinates, buvo įvertinama gautas mažiausios, didžiausios bei vidutinės atstumų paklaidos, tarp išmatuoto ir realaus maršruto taškų. Iš gautų atstumo rezultatų, kiekvienam bandymui, buvo sudaryta atstumo paklaidų, tarp išmatuoto ir realaus maršruto, histograma. Taip pat, iš išmatuotojo ir tikslaus maršruto koordinačių, buvo nustatomi bendri maršrutų atstumai bei įvertinama jų procentinė paklaida.

## **5. EKSPERIMENTINĖ DALIS**

### **5.1 Įvadas**

Šiame skyriuje yra pateikiami tyrimo metu atliktų eksperimentų rezultatai bei jų apibendrinimas ir įvertinimas. Nejudančio vartotojo mobiliojo įrenginio padėties paklaidos nustatymo eksperimento rezultatai yra pateikiami šio skyriaus punkte: 5.3 Eksperimentas Nr. 1, o vartotojo įveikiamo maršruto gaunamų paklaidų nustatymo eksperimento rezultatai pateikiami skyriuje: 5.4 Eksperimentas Nr. 2.

### **5.2 Eksperimentams naudota įranga**

Eksperimentų metu buvo naudojamas išmanusis telefonas su Android operacine sistema ir GPS imtuvu. Toliau yra pateikiama naudoto išmaniojo telefono specifikacija:

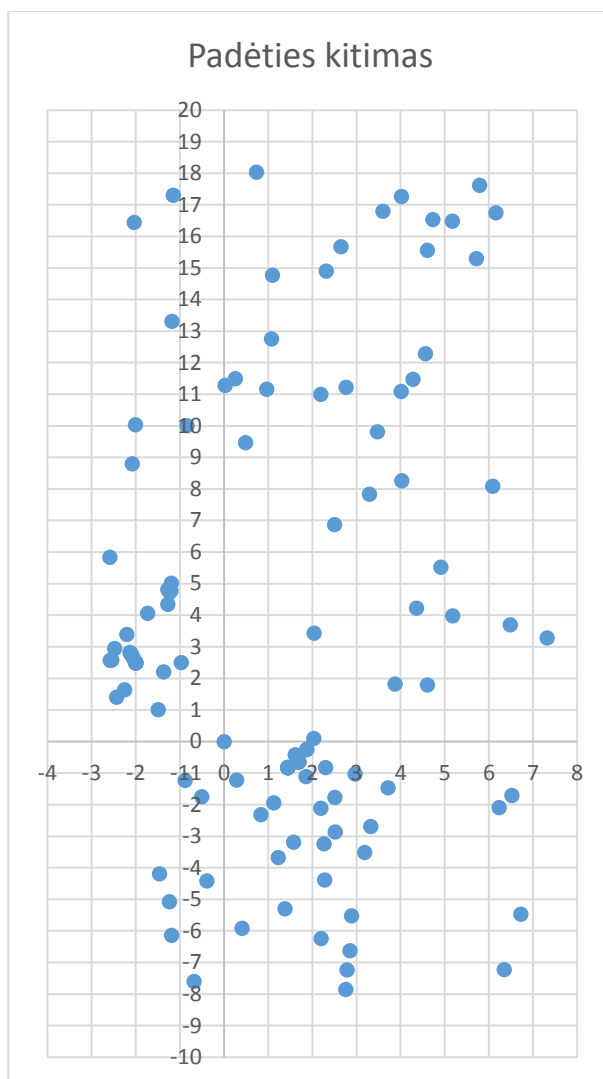
- Asus Zenfone 5;
- Ekranas dydis (coliais): 5", Raiška: 720 x 1280 pikselių.
- Procesorius: 2x1,6 GHz;
- Operatyvioji atmintis: 2GB;
- Vidinė atmintis: 16 GB;
- Operacinė sistema: Android OS 4.4.2 KitKat.

### **5.3 Eksperimentas Nr. 1**

Šiame poskyryje yra pateikiami nejudančio vartotojo mobiliojo įrenginio padėties paklaidos nustatymo eksperimento rezultatai. Pirmojo eksperimento bandymo metu buvo atliekami matavimai miške, kurių rezultatai yra pateikiami šio poskyrio punkte: 5.3.1 Bandymo Nr. 1 rezultatai. Po to, maršruto registravimo ir stebėjimo sistema buvo mėginama miesto gatvėje. Bandymo miesto gatvėje rezultatai yra pateikti punkte: 5.3.2 Bandymo Nr. 2 rezultatai. Galiausiai programėlė buvo išmėginta atviroje aplinkoje be didelių pašalinių objektų, kurie galėtų sudaryti įtaka telefono GPS ryšio kokybei. Šio bandymo rezultatai pateikti punkte: 5.3.3 Bandymo Nr. 3 rezultatai.

#### **5.3.1 Bandymo Nr. 1 rezultatai**

Atliekant bandymą miške, maršrutų registravimo ir stebėjimo programėlei nepavyko tiksliai nustatyti pastovios mobiliojo įrenginio buvimo vietos, nes gaunamos padėties koordinatės nuolatos kito. Gaunamos įrenginio pozicijos kitimas metrais, pradinio gauto taško atžvilgiu, yra pateiktas paveikslėlyje: 46 pav. Šiuo atveju, dideli koordinatinių šuoliai, kurie kartais siekia beveik iki 18 metrų atsiranda dėl to, nes aplinkoje buvo daug didelių medžių, kurie smarkiai užgožė GPS signalą bei sutrukdė GPS imtuvui prisijungti prie reikalingo palydovų skaičiaus, reikalingo tiksliai padėties nustatymui.



**46 pav.** Telefono padėties kitimas bandymo miške metu

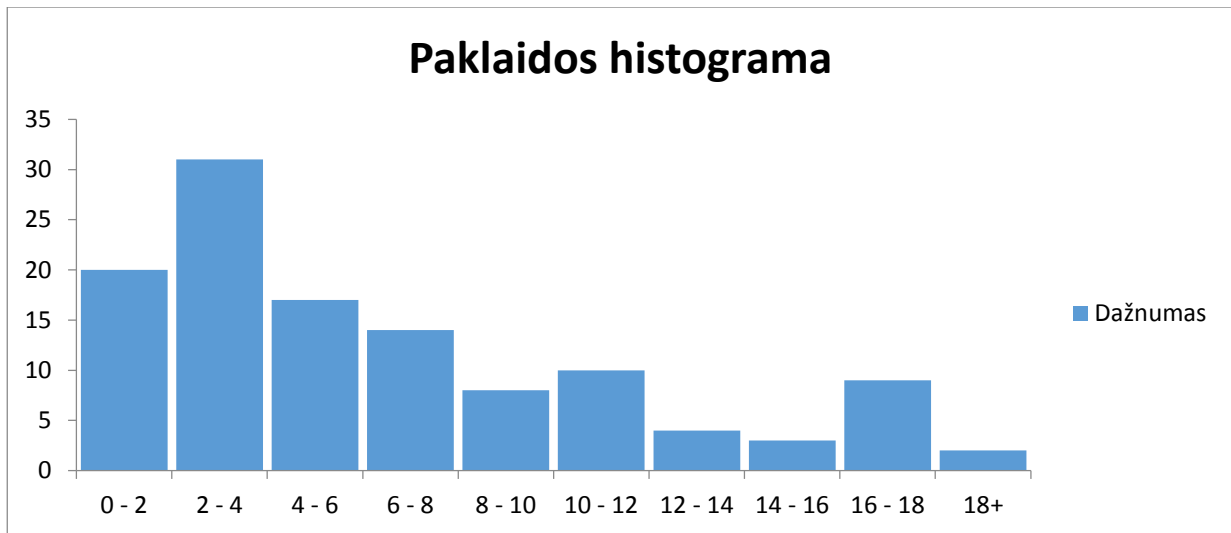
Išanalizavus surinktus bandymo miške rezultatus, buvo nustatyta, jog bandymo metu mažiausias nuokrypis nuo pradinio taško buvo 1,25 metro. Pats didžiausias padėties nuokrypis nuo pradinio taško siekė net 18,55 metro. Bendras visų surinktų bandymo duomenų nuokrypio vidurkis sudaro 6,55 metro, ko pasakoje galime teigti, jog mobiliąją programėlę gali teikti gana klaidingus rezultatus mėginama įvertinti sportuojančio žmogaus judėjimo parametrus, tokio tipo aplinkoje.

Visa bandymo miške rezultatų suvestinė pateikta lentelėje: Lentelė 3.

**Lentelė 3** Bandymo miške rezultatų suvestinė

Kriterijus	Rezultatas
Mažiausias padėties nuokrypis	1,25 metro
Didžiausias padėties nuokrypis	18,55 metro
Vidutinis padėties nuokrypis	6,55 metro
Išviso surinkta koordinatų	119

Paveikslėlyje 47 pav. yra pateikta visų bandymo metu surinktų koordinatų paklaidų metrais histograma, pradinio gauto padėties taško atžvilgiu.

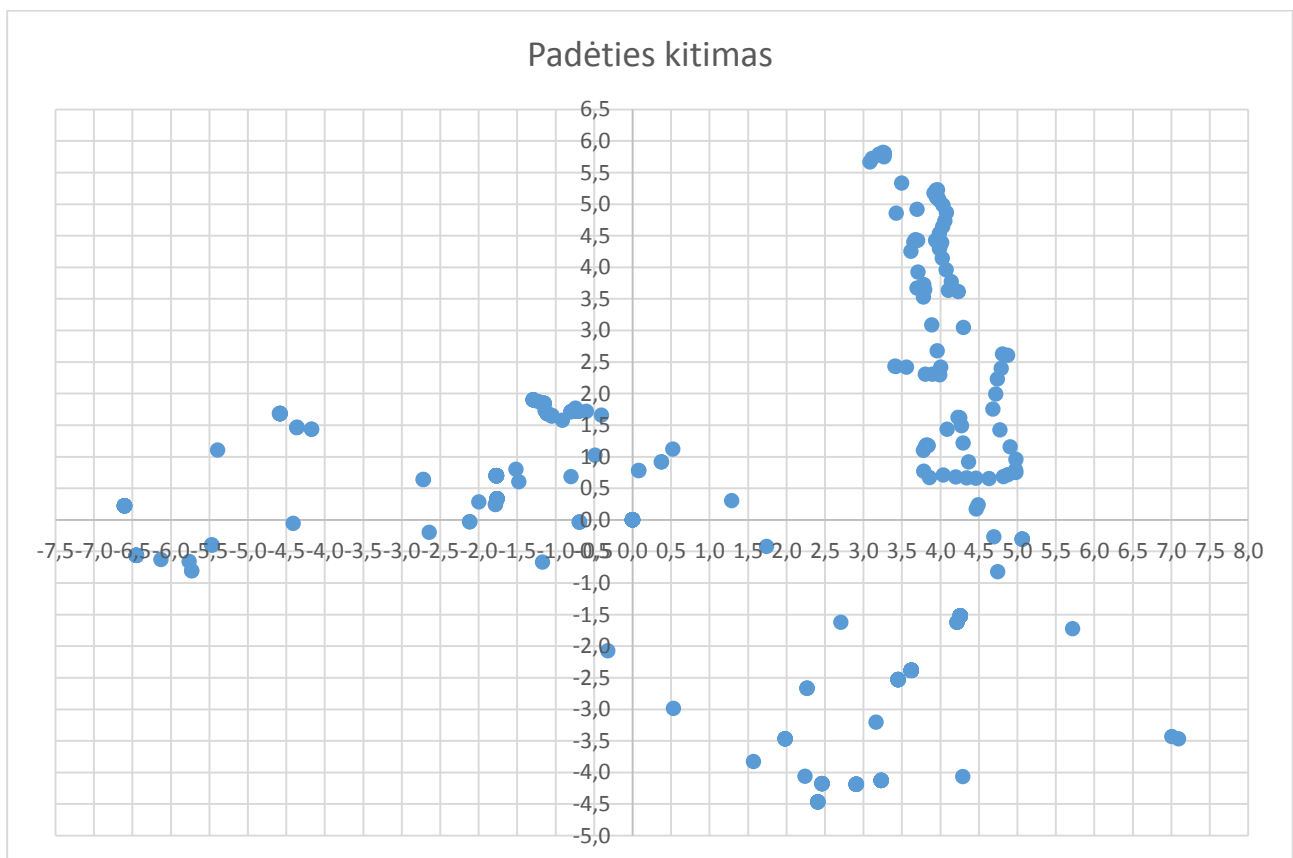


47 pav. Bandymo miške paklaidų histograma

### 5.3.2 Bandymo Nr. 2 rezultatai

Atliekant bandymą miesto gatvėje paklaidų nebuvo išvengta, tačiau jos buvo šiek tiek mažesnės, nei paklaidos gautos bandymo miške metu. Šiuo atveju, gautų paklaidų priežastis buvo šalia bandymo vietos esantys pastatai ir medžiai, kurie įtakojo GPS ryšio kokybę.

Šio bandymo gautų paklaidų pokytis metrais yra pateiktas paveikslėlyje: 48 pav.



48 pav. Padėties kitimas bandymo metu miesto gatvėje

Išanalizavus surinktus bandymo duomenis buvo gauta, jog mažiausia padėties paklaida buvo 0 metrų, o didžiausia paklaida buvo lygi 7,89 metro. Vidutinė bandymo paklaida siekė 3,97 metro, o tai reiškia, jog mobiliojo įrenginio buvimą vietoje mieste pavyko nustatyti beveik du kartus tiksliau nei

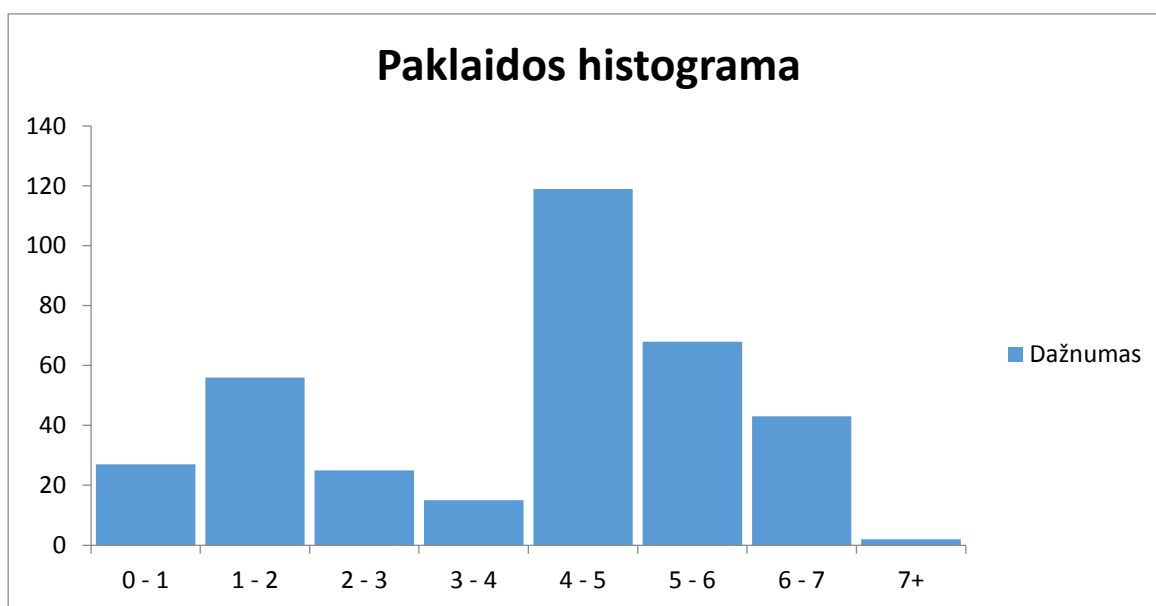
miške. Iš gautos vidutinės matavimų paklaidos galima teigti, jog maršrutų registravimo ir stebėjimo programėlės rezultatai kai kuriais atvejais nebus visiškai tikslūs, tačiau reikalui esant programėle jau galima naudotis.

Bandymo rezultatų suvestinė pateikta lentelėje: Lentelė 4.

**Lentelė 4** Bandymo miesto gatvėje rezultatų suvestinė

Kriterijus	Rezultatas
Mažiausias padėties nuokrypis	0 metrų
Didžiausias padėties nuokrypis	7,89 metro
Vidutinis padėties nuokrypis	3,97 metro
Išviso surinkta koordinačių	356

Bandymo miesto gatvėje paklaidų histograma yra pateikta paveikslėlyje: 49 pav.



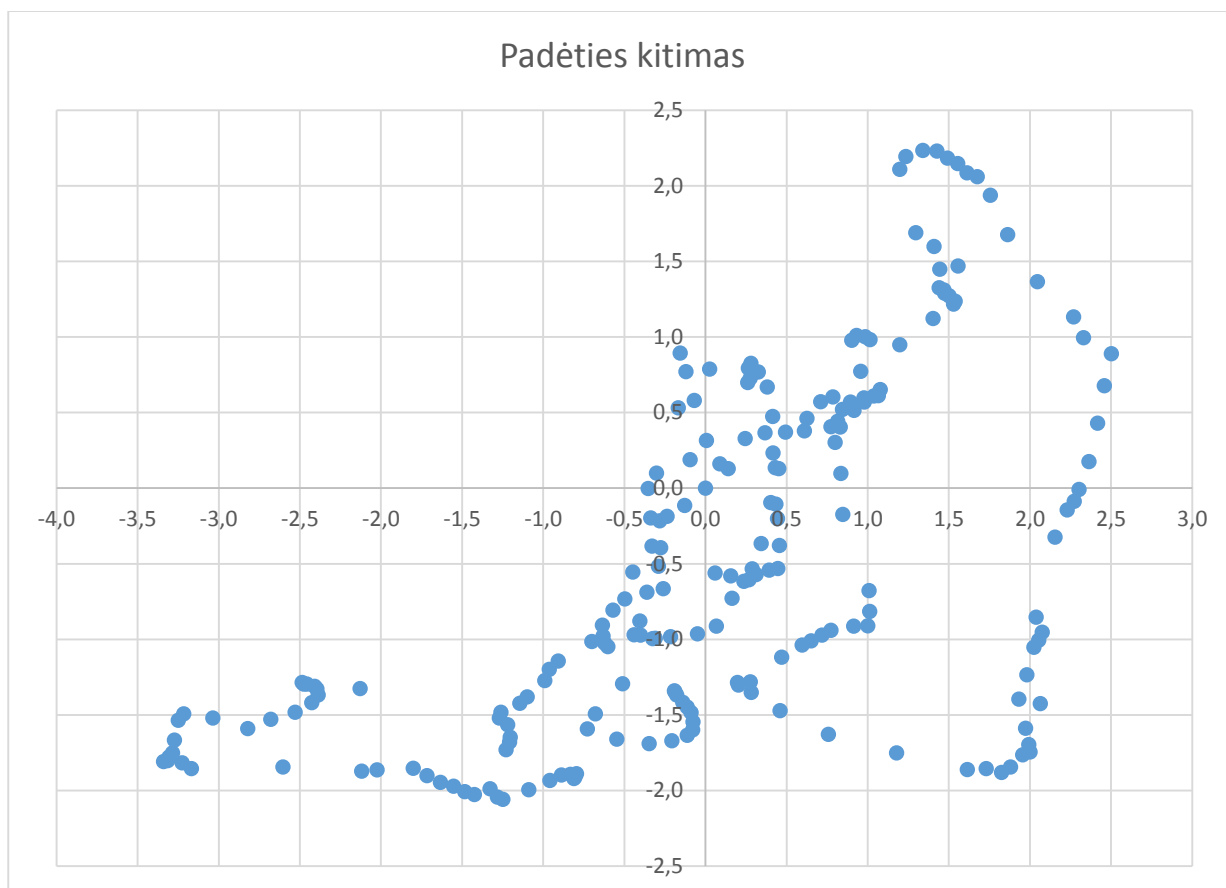
**49 pav.** Bandymo miesto gatvėje paklaidų histograma

### 5.3.3 Bandymo Nr. 3 rezultatai

Trečiojo bandymo metu programėlė buvo ištestuojama atviroje aplinkoje – kelyje, kuris yra apsuktas dirbamų laukų bei prie kurio nėra didelių pašalinių objektų. Šiuo atveju buvo gauti patys tiksliausi rezultatai, tačiau nežymus padėties koordinačių pokytis vis tiek nebuvo išvengtas. Galimas padėties paklaidas, šiuo atveju, galėjo sudaryti nežymus žemės paviršiaus reljefas.

Šio bandymo padėties pokytis yra pavaizduotas paveikslėlyje: 50 pav.





**50 pav.** Padėties kitimas bandymo metu atviroje aplinkoje

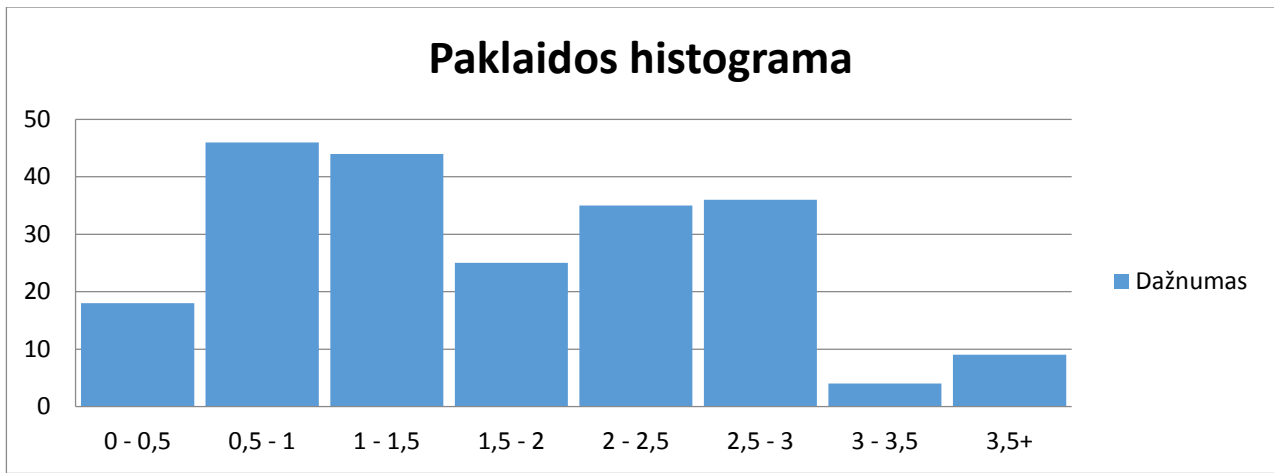
Išanalizavus šio bandymo rezultatus, mažiausias padėties nuokrypis siekė vos 0,17 metro, o pats didžiausias tik 3,8 metro. Tuo tarpu, viso bandymo vidutinis padėties nuokrypis buvo tik 1,65 metro, kas yra tikrai labai geras rezultatas. Tokio tipo aplinkoje galima pilnai naudotis maršruto registravimo ir stebėjimo programėle bei tikėtis kokybiško jos veikimo ir tikslių rezultatų.

Bandymo atviroje aplinkoje rezultatų suvestinė pateikta lentelėje: Lentelė 5.

**Lentelė 5** Bandymo atviroje aplinkoje rezultatų suvestinė

Kriterijus	Rezultatas
Mažiausias padėties nuokrypis	0,17 metro
Didžiausias padėties nuokrypis	3,8 metro
Vidutinis padėties nuokrypis	1,65 metro
Išviso surinkta koordinačių	218

Bandymo padėties paklaidų histograma pateikta paveikslėlyje: 51 pav.



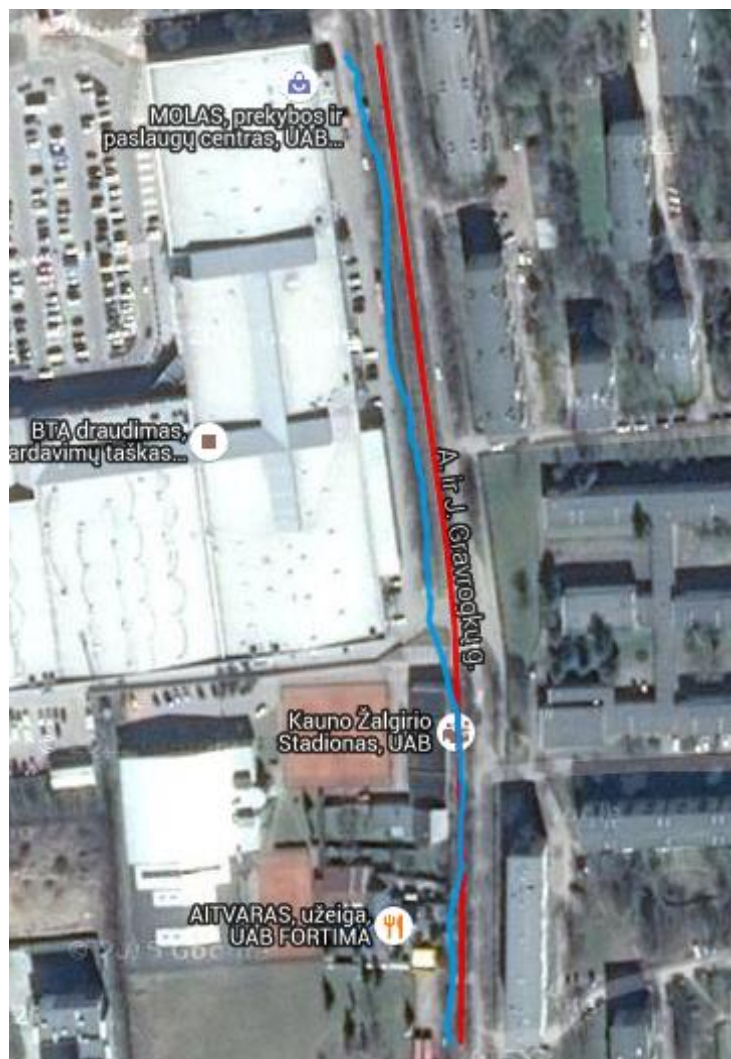
**51 pav.** Bandymo atviroje aplinkoje paklaidų histograma

## 5.4 Eksperimentas Nr. 2

Šiame skyriuje yra pateikiami vartotojo įveikiamo maršruto gaunamų paklaidų nustatymo eksperimento rezultatai. Pirmojo eksperimento bandymo metu buvo tiriamas maršrutas mieste. Šio bandymo rezultatai yra pateikiami punkte: 5.4.1 Bandymo Nr. 1 rezultatai. Po to, buvo iširtas mobiliosios programėlės veikimas pamiškėje. Bandymo pamiškėje rezultatai yra pateikiami šio poskyrio punkte: 5.4.2 Bandymo Nr. 2 rezultatai.

### 5.4.1 Bandymo Nr. 1 rezultatai

Atlikus maršruto bandymą mieste, visos jo metu surinktos koordinatės buvo atvaizduotos žemėlapyje, kuris yra pateiktas paveikslėlyje: 52 pav. Žemėlapyje mėlyna spalva yra pavaizduotas eksperimento metu įveiktas maršrutas, kuris yra sudarytas iš eksperimento metu gautų koordinatžių, o raudona spalva yra pažymėtas tikslus atskaitos maršrutas, kurį buvo mėginama įveikti bandymo metu. Pažvelgus į žemėlapi su maršrutais galime lengvai pastebėti, jog tyrimo metu gauti rezultatai šiek tiek nukrypsta nuo tikrojo maršruto. Tokį nuokrypį lėmė aukšti aplinkos objektai: pastatai ir medžiai. Ypač didelis maršruto nuokrypis yra manomas prie prekybos centro „Molas“, kuris patvirtina teiginį, jog dideli objektai smarkiai pablogina GPS ryšio kokybę.



52 pav. Bandyto mieste maršruto nuokrypis originalo atžvilgiu

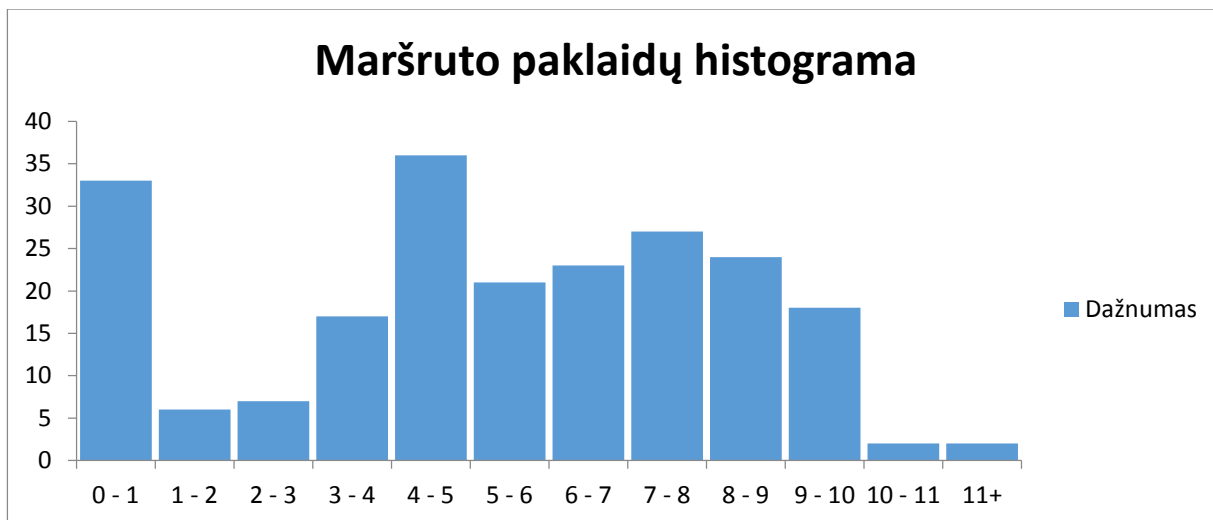
Išanalizavus bandymo rezultatus buvo gauta, jog didžiausias maršruto nuokrypis nuo artimiausio atskaitos maršruto taško siekė 11,67 metro, o bendras vidutinis maršruto nuokrypis originalaus maršruto atžvilgiu yra 5,32 metro. Įvertinus abiejų maršrutų ilgius buvo gauta 1,449% paklaida, nes bandymo metu išmatuotas maršrutas gavosi 5 metrais ilgesnis už originalą.

Maršruto bandymo mieste rezultatų suvestinė pateikta lentelėje: Lentelė 6.

**Lentelė 6** Maršruto bandymo mieste rezultatų suvestinė

Kriterijus	Rezultatas
Mažiausias maršruto nuokrypis	0 metro
Didžiausias maršruto nuokrypis	11,67 metro
Vidutinis maršruto nuokrypis	5,32 metro
Surinktų koordinatinių skaičių	216
Tikras maršruto atstumas	340 metrų
Išmatuotas atstumas eksperimento metu	345 metrai
Gauta atstumo paklaida	1,449%

Maršruto bandymo mieste paklaidų histograma pateikta paveikslėlyje: 53 pav.



**53 pav.** Maršruto bandymo mieste paklaidų histograma

#### 5.4.2 Bandymo Nr. 2 rezultatai

Atlikus bandymą pamiškėje, kaip ir pirmame bandyme, gautus rezultatus atvaizdavau žemėlapyje, kuris yra pateiktas paveikslėlyje: 54 pav. Žemėlapyje mėlyna spalva yra pavaizduotas eksperimento metu nustatytas maršrutas, o raudona – tikslus atskaitos maršrutas, kurį buvo bandoma įveikti bandymo metu. Iš gautų rezultatų galime pastebėti, jog visas bandymo metu įveiktas maršrutas yra pasislinkęs į miško pusę. Taip atsitiko dėl to, nes miškas įtakojo ryšį su GPS palydovais esančiais toje pusėje, dėl to nepavyko tinkamai nustatyti mobiliojo įrenginio padėties ir susidarė paklaidos.



**54 pav.** Bandymo pamiškėje maršruto nuokrypis originalo atžvilgiu

Šio bandymo metu buvo gauti žymiai prastesni rezultatai nei pirmajame bandyme. Mažiausias maršruto nuokrypis nuo artimiausio atskaitos maršruto taško siekė 5,27 metro, o didžiausias net 15,81 metro. Bandymo metu buvo gautas 9,79 metro bendras vidutinis maršruto nuokrypis nuo atskaitos

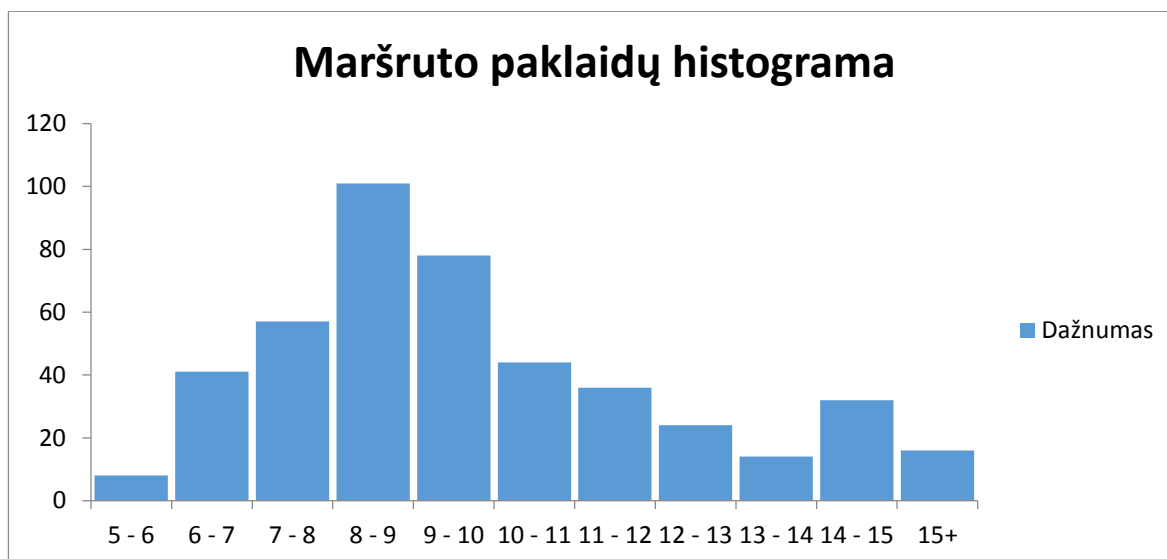
maršruto, o tai yra beveik du kartus prastesnis rezultatas, nei bandymo mieste atveju. Maršrutų atstumų atžvilgiu buvo gauta 1,834% paklaida, nes eksperimento metu išmatuotas maršrutas, dėl klaidingai nustatytos įrenginio buvimo vietos, šiek tiek vingiavo ir dėl to gavosi 10 metrų ilgesnis už atskaitos maršrutą.

Maršruto bandymo pamiškėje rezultatų suvestinė pateikta lentelėje: Lentelė 7.

**Lentelė 7** Maršruto bandymo pamiškėje rezultatų suvestinė

Kriterijus	Rezultatas
Mažiausias maršruto nuokrypis	5,27 metro
Didžiausias maršruto nuokrypis	15,81 metro
Vidutinis maršruto nuokrypis	9,79 metro
Surinktų koordinatinių skaičių	451
Tikras maršruto atstumas	696 metrų
Išmatuotas atstumas eksperimento metu	709 metrai
Gauta atstumo paklaida	1,834%

Maršruto bandymo pamiškėje paklaidų histograma pateikta paveikslėlyje: 55 pav.



**55 pav.** Bandymo pamiškėje paklaidų histograma

## 5.5 Eksperimentų rezultatų apibendrinimas

Darbo metu buvo sėkmingai atlikti du eksperimentai: nejudančio vartotojo mobiliojo įrenginio padėties paklaidos nustatymo eksperimentas ir vartotojo įveikiamo maršruto gaunamų paklaidų nustatymo eksperimentas. Kiekvieno eksperimento metu buvo atliekama keletas bandymų, kurie padėjo nustatyti maršrutų registravimo ir stebėjimo programėlės gaunamų koordinatinių paklaidas skirtingomis charakteristikomis pasižyminčiose aplinkose.

Pirmojo eksperimento metu programėlė buvo ištestuota miške, miesto gatvėje ir atviroje vietoje. Iš gautų rezultatų buvo nustatyta, jog didžiausias vidutinis padėties nuokrypis susidarė miške ir jis buvo lygus 6,55 metro. Iš to galima teigti, jog sportuojant miške maršrutų registravimo ir stebėjimo programėlė sunkiai susidorotų su jai skirta užduotimi ir dažnai teiktų klaidingus vartotojo treniruotės rezultatus. Atliekant bandymus miesto gatvėje ir atviroje vietovėje, buvo gautos žymiai

mažesnės vidutinės paklaidos kurios buvo atitinkamai 3,97 ir 1,65 metro. Iš to galima teigti, jog programėlę jau galima naudoti abiejose aplinkose. Naudojantis programėle miesto gatvėse, kartais galime sulaukti šiokių tokių didesnių sportuojančio žmogaus rezultatų paklaidų, tačiau jos pasikartos gana retai ir todėl didelės įtakos neturės. Sportuojant atviroje aplinkoje, jau pilnai galima pasikliauti programėlės teikiama informacija, nes vidutinė gaunama mobiliojo įrenginio padėties paklaida yra labai nedidelė, todėl apskaičiuoti sportuojančio žmogaus rezultatai bus gana tikslūs. Taip pat, galima teigti, jog atviroje aplinkoje nekils jokių problemų sudarinėjant ir įveikinėjant bet kokį maršrutą, nes dėl nedidelės vidutinės paklaidos maršruto atskaitos taškai bus nustatomi pakankamai tiksliai ir dėl to bus įmanoma tinkamai užfiksuoti programėlės vartotoją bėgantį pro juos.

Antrasis eksperimentas buvo atliekamas įveikinėjant maršrutą mieste ir pamiškėje. Abejais atvejais buvo nustatyta, jog tiksliai vartotojo buvimo vietai nustatyti trukdo dideli aplinkos objektai: pastatai ir medžiai, dėl to buvo gauti gana nemaži maršruto nuokrypiai nuo tikslų atskaitos maršrutų. Pirmuoju bandymu mieste buvo gautas vidutinis 5,32 metro nuokrypis, o antruoju bandymu pamiškėje buvo gautas gana didelis vidutinis 9,79 metro nuokrypis. Abejais atvejais gauta maršrutų atstumų paklaida nebuvo labai didelė. Bandymo mieste atstumo paklaida tikslaus atskaitos maršruto atžvilgiu sudarė 1,449%, o antrojo bandymo pamiškėje atstumo paklaida siekė 1,834%.

Remiantis abiejų eksperimentų duomenis galime padaryti išvadą, jog miške ir pamiškėje sudarius maršrutą naudojantis maršrutų registravimo ir stebėjimo programėle, būtų sudėtinga jį po to įveikti, nes dėl didelių šiose aplinkose atsirandančių GPS koordinačių paklaidų nepavyktų tinkamai nustatyti maršruto atskaitos taškų ir dėl to sistema galvotų, jog vartotojas įveikinėja maršrutą netinkamai ir nefiksuotų jo rezultatų. Tuo tarpu, mėginant sudaryti ir įveikti maršrutą miesto aplinkoje, dėl mažesnių paklaidų, pavyktų žymiai geriau, tačiau vis tiek išlieka vidutinė tikimybė, jog pasitaikys tokių atvejų kai nebus užfiksuojamas sistemos vartotojas prabėgantis pro atskaitos tašką.

## **5.6 Galimi maršrutų registravimo ir stebėjimo sistemos patobulinimai**

Atsižvelgiant į gautus eksperimento rezultatus, norint maršruto registravimo ir stebėjimo sistemą pilnai išnaudoti varžybose, reiktų pagerinti jos tikslumą aplinkose kuriose yra daug didelių pašalinių objektų, kurie įtakoja GPS ryšio kokybę. Siekiant pagerinti sistemos tikslumą problematikose aplinkose, būtų įmanoma panaudojant papildomą įrangą: Bluetooth švyturėlius. Pritaikius sistemą ir išdėliojus švyturėlius reikalingose maršruto vietose, maršruto įveikimo metu sistema gautų papildomų duomenų iš Bluetooth švyturėlių, kurių dėka būtų įmanoma patikslinti surenkamą informaciją ir išlaikyti gerą išmatuojamų rezultatų tikslumą.

Išsprendus šią pagrindinę problemą, sistemą būtų įmanoma naudoti įvairiose varžybose susijusiose su tam tikros atkarpos įveikiamu, kur net mažiausias sistemos rezultatų netikslumas gali daug ką reikšti pačiam sportininkui.

## 6. IŠVADOS

1. Magistrinio darbo metu buvo sukurta maršrutų registravimo ir stebėjimo programų sistema, kurios pagrindinis tikslas yra skatinti žmones sportuoti.
2. Siekiant ištirti maršrutų registravimo ir stebėjimo sistemos tikslumą bei patikimumą įvairiomis charakteristikomis pasižyminčiose aplinkose, buvo sėkmingai atlikti dviejų tipų eksperimentai: nejudančio mobiliojo įrenginio padėties paklaidos nustatymo eksperimentas ir vartotojo įveikiamo maršruto gaunamų paklaidų nustatymo eksperimentas.
3. Remiantis nejudančio mobiliojo įrenginio padėties paklaidos nustatymo eksperimento bandymų rezultatais, sistema tiksliausiai veikė atviroje aplinkoje, o didžiausias įrenginio padėties paklaidas parodė – miške.
4. Atliekant vartotojo įveikiamo maršruto gaunamų paklaidų nustatymo eksperimentą mieste, buvo pastebėtas gana didelis maršruto nuokrypio svyravimas atskaitos maršruto atžvilgiu: nuo visiškai tiksliai nustatytų maršruto taškų iki gana didelės 11,67 metrų paklaidos.
5. Atlikus abu eksperimentus, buvo nustatyta, kad maršrutų registravimo ir stebėjimo sistemos matavimų tikslumui labai didelės įtakos turi dideli aplinkos objektai, pavyzdžiui: medžiai ar namai.
6. Norint pagerinti sistemos tikslumą problemiškosiose vietose, reikėtų patobulinti sistemą pritaikant ją Bluetooth švyturėlių palaikymui. Atlikus patobulinimus, sistemą būtų įmanoma naudoti ne vien tik paprastų treniruočių metu, bet ir įvairiose varžybose.

## 7. LITERATŪRA

- [1] Moloo, R.K.; Digumber, V.K., "Low-Cost Mobile GPS Tracking Solution," Business Computing and Global Informatization (BCGIN), 2011 International Conference on , vol., no., pp.516, 519, 29-31 July 2011
- [2] Liu, H.; Yang, J.; Sidhom, S.; Wang, Y.; Chen, Y.; Ye, F., "Accurate WiFi Based Localization for Smartphones Using Peer Assistance," Mobile Computing, IEEE Transactions on, vol.PP, no.99, pp.1,1, 25 October 2013
- [3] Boonsriwai, S.; Apavatjrut, A., "Indoor WIFI localization on mobile devices," Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 2013 10th International Conference on , vol., no., pp.1,5, 15-17 May 2013
- [4] Yamaguchi, S.; Tanaka, T., "GPS Standard Positioning using Kalman filter," SICE-ICASE, 2006. International Joint Conference , vol., no., pp.1351,1354, 18-21 Oct. 2006
- [5] Idris, A.N.; Suldi, A.M.; Hamid, J.R.A.; Sathyamoorthy, D., "Effect of radio frequency interference (RFI) on the Global Positioning System (GPS) signals," Signal Processing and its Applications (CSPA), 2013 IEEE 9th International Colloquium on , vol., no., pp.199,204, 8-10 March 2013
- [6] Anja Bekkelien, Dr. Michel Deriaz, Dr. Stéphane Marchand-Maillet, „Bluetooth Indoor Positioning“, Master of Computer Science, University of Geneva, March 2012
- [7] Michael J. Ostermeyer, „An Introduction to the Global Positioning System“ in Land Surveys: A Guide for Lawyers and Other Professionals, ABA Publishing, 2000
- [8] Chung-Hsin Liu; Jian-Yun Lo, "The study for the ZigBee with Bluetooth positioning system," Computer Communication Control and Automation (3CA), 2010 International Symposium on , vol.1, no., pp.169,172, 5-7 May 2010
- [9] Le Thanh Son; Orten, P., "Enhancing Accuracy Performance of Bluetooth Positioning," Wireless Communications and Networking Conference, 2007.WCNC 2007. IEEE , vol., no., pp.2726,2731, 11-15 March 2007
- [10] Li Zhang; Xiao Liu; Jie Song; Gurrin, C.; Zhiliang Zhu, "A Comprehensive Study of Bluetooth Fingerprinting-Based Algorithms for Localization," Advanced Information Networking and



Applications Workshops (WAINA), 2013 27th International Conference on , vol., no., pp.300,305, 25-28 March 2013

- [11] Chawathe, S.S., "Beacon Placement for Indoor Localization using Bluetooth," Intelligent Transportation Systems, 2008. ITSC 2008. 11th International IEEE Conference on , vol., no., pp.980,985, 12-15 Oct. 2008
- [12] Gezici, S.; Zhi Tian; Giannakis, G.B.; Kobayashi, Hisashi; Molisch, A.F.; Poor, H.V.; Sahinoglu, Z., "Localization via ultra-wideband radios: a look at positioning aspects for future sensor networks," Signal Processing Magazine, IEEE , vol.22, no.4, pp.70,84, July 2005
- [13] Cypriani, M.; Lassabe, F.; Canalda, P.; Spies, F., "Open Wireless Positioning System: A Wi-Fi-Based Indoor Positioning System," Vehicular Technology Conference Fall (VTC 2009-Fall), 2009 IEEE 70th , vol., no., pp.1,5, 20-23 Sept. 2009
- [14] Sundaramurthy, M.C.; Chayapathy, S.N.; Kumar, A.; Akopian, D., "Wi-Fi assistance to SUPL-based Assisted-GPS simulators for indoor positioning," Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), 2011 IEEE , vol., no., pp.918,922, 9-12 Jan. 2011
- [15] Nakajima, K.; Tanaka, T., "Study on accuracy improvement under bad condition in GPS," SICE 2004 Annual Conference , vol.1, no., pp.234,238 vol. 1, 4-6 Aug. 2004
- [16] „Sports tracker“ programėlė [žiūrėta 2015-05-19], prieiga internete: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.stt.android>
- [17] „Sport Venture“ programėlė [žiūrėta 2015-05-19], prieiga internete: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.venture.sport&hl=lt>
- [18] „Runtastic PRO“ programėlė [žiūrėta 2015-05-19], prieiga internete: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.runtastic.android.pro2>
- [19] „Endomondo“ programėlė [žiūrėta 2015-05-19], prieiga internete: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.endomondo.android>

## 8. TERMINŲ IR SANTRUMPŲ ŽODYNAS

GPS (*angl. Global Positioning System*) – Visuotinė padėties nustatymo sistema.

Wi-Fi (*angl. Wireless Fidelity*) – Bevielio ryšio technologija leidžianti realizuoti duomenų perdavimo tinklus panaudojant plačiajuostį radijo ryšį.

Bluetooth (*angl. Blue Tooth*) – Bevielio ryšio standartas, skirtas duomenų mainams trumpiu atstumu.

AOA (*angl. Angle of arrival*) – Atvykimo kampas.

TOA (*angl. Time of arrival*) – Atvykimo laikas.

TDOA (*angl. Time difference of Arrival*) – signalo atvykimo laiko skirtumas.

NNSS (*angl. Nearest Neighboring Signal Strength*) – artimiausio kaimyno signalo stiprumas.

POA (*angl. Phase of arrival*) – Atvykimo fazė.

RSSI (*angl. Received signal strenght indicator*) – Gauto signalo stiprumo indikatorius.

RFI (*angl. Radio Requency Interference*) – Radijo dažnių trukdžiai.

UWB (*angl. Ultra-Wideband*) – plačiajuostės radijo bangos.

AP (*angl. Access Point*) – Wi-Fi prieigos taškas.