

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
INFORMATIKOS FAKULTETAS

Aurimas Dundulis

**ŽMOGAUS VEIKLOS ATPAŽINIMAS PANAUDOJANT IŠMANIOJO
TELEFONO JUTIKLIŲ DUOMENIS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Prof. Robertas Damaševičius

KAUNAS, 2018

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
INFORMATIKOS FAKULTETAS

**ŽMOGAUS VEIKLOS ATPAŽINIMAS PANAUDOJANT IŠMANIOJO
TELEFONO JUTIKLIŲ DUOMENIS**

Baigiamasis magistro projektas
Programų sistemų inžinerija (kodas 621E16001)

Vadovas

Prof. Robertas Damaševičius

Recenzentas

dr. Martynas Patašius

Projektą atliko

Aurimas Dundulis

KAUNAS, 2018



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Informatikos fakultetas

(Fakultetas)

Aurimas Dundulis

(Studento vardas, pavardė)

Studijų programa „Programų sistemų inžinerija“ (kodas 621E16001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto

„Žmogaus veiklos atpažinimas naudojant išmaniojo telefono jutiklių duomenis“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Aurimo Dundulio** baigiamasis projektas tema „Žmogaus veiklos atpažinimas naudojant išmaniojo telefono jutiklių duomenis“ 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)

Dundulis, Aurimas. Žmogaus veiklos atpažinimas naudojant išmaniojo telefono jutiklių duomenis. Magistro baigiamasis projektas / vadovas Prof. Robertas Damaševičius; Kauno technologijos universitetas, Informatikos fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Informatikos mokslų kryptis, programų sistemų inžinerijos sritis.

Reikšminiai žodžiai: žmogaus veiklos atpažinimas, eisenos atpažinimas.

Kaunas, 2018. 55 p.

SANTRAUKA

Augant išmaniųjų telefonų prieinamumui vis daugiau žmonių savo kasdieniame gyvenime pradeda naudoti išmaniuosius. Todėl nenuostabu, kad iškyla poreikis sužinoti žmogaus atliekamą veiklą. Vis daugiau daiktų mūsų kasdienėje aplinkoje gali būti valdomi per mobiliąsias aplikacijas. Todėl žinant žmogaus atliekamą veiklą bus galima sukurti mobiliąsias aplikacijas, kurių veikimui turės įtakos žmogaus atliekama veikla. Taip pat žmogaus veiklos atpažinimas galima pritaikytas žmonių priežiūrai.

Šiame darbe analizuojami žmogaus veiklos atpažinimui naudojami metodai. Pateikiama mūsų sukurta žmogaus veiklos atpažinimo sistema gebanti atpažinti žmogaus atliekamą veiklą realiu laiku. Atliekamos veiklos atpažinimas atliekamas panaudojant išmaniame telefone esančius jutiklius (akcelerometrą ir giroskopą). Pateikiami žmogaus veiklos atpažinimo eksperimentai ir jų rezultatai.

Dundulis, Aurimas. *User Activity Identification Using Smartphone Sensor Data*: Master's thesis in software engineering / supervisor prof. Robertas Damaševičius. The Faculty of Informatics, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Information Technology area, software engineering field.

Key words: human activity recognition, gait recognition.

Kaunas, 2018. 55 p.

SUMMARY

With the growing availability of smartphones, more and more people are beginning to use their smartphones in their everyday lives. Therefore, it is not surprising that there is a need to know what kind of activity is performed by person. As internet of things devices becoming part of our daily lives human activity recognition will allow developers to create smarter devices. Moreover, human activity recognition can be used for parenting and people care applications.

In this paper we analyzed methods which are used for human activity recognition. We present human activity recognition system which is able recognize human activities in real time by using smartphone sensor data.

TURINYS

| | |
|--|----|
| Paveikslų sąrašas | 9 |
| Lentelių sąrašas | 11 |
| Terminų ir santrumpų žodynas | 12 |
| 1. Įvadas..... | 13 |
| 1.1. Dokumento paskirtis..... | 13 |
| 1.2. Darbo tikslas..... | 13 |
| 1.3. Uždaviniai..... | 14 |
| 2. Žmogaus veiklos atpažinimo analitinė dalis..... | 14 |
| 2.1. Jutikliai | 14 |
| 2.1.1. Akcelerometras..... | 14 |
| 2.1.2. Giroskopas..... | 15 |
| 2.1.3. Magnetometras | 16 |
| 2.1.4. GPS..... | 16 |
| 2.2. Veiklų analizė..... | 16 |
| 2.2.1. Stacionarių veiklų analizė..... | 17 |
| 2.2.2. Nestacionarių veiklų analizė..... | 19 |
| 2.3. Žmogaus veiklos atpažinimas..... | 21 |
| 2.3.1. Duomenų rinkimas | 21 |
| 2.3.2. Atpažinimo metodai | 21 |
| 2.3.2.1. HMM | 21 |
| 2.3.2.2. GMM | 21 |
| 2.3.2.3. Naiviojo Bajeso klasifikatorius | 22 |
| 2.3.2.4. LSTM | 22 |
| 2.4. Atliktų tyrimų rezultatai | 23 |
| 2.5. Egzistuojančios sistemos | 23 |

| | |
|---|----|
| 2.5.1. „Physical Activity Recognition“ | 23 |
| 2.5.2. „SM Activity Recognition“ | 24 |
| 2.5.3. „Activity Recognition Example“ | 24 |
| 2.5.4. Žmogaus veiklą atpažįstančių sistemų palyginimas | 24 |
| 2.6. Analizės išvados | 24 |
| 3. Žmogaus veiklos atpažinimo projektinė dalis | 25 |
| 3.1. Sistemos paskirtis | 25 |
| 3.2. Sistemos panaudojimo atvejų diagrama | 25 |
| 3.3. Funkciniai reikalavimai | 26 |
| 3.4. Nefunkciniai reikalavimai | 27 |
| 3.4.1. Reikalavimai sistemos išvaizdai | 27 |
| 3.4.2. Reikalavimai panaudojamumui | 27 |
| 3.4.3. Reikalavimai vykdymo charakteristikoms | 27 |
| 3.4.4. Reikalavimai veikimo sąlygoms | 28 |
| 3.4.5. Saugumo reikalavimai | 28 |
| 3.5. Sistemos architektūros modelis | 28 |
| 3.5.1. Sistemos skirstymas į paketus | 28 |
| 3.5.2. Paketų detalizavimas | 30 |
| 3.5.2.1. Serverio paketų detalizavimas | 30 |
| 3.5.2.1.1. Duomenų bazės paketas | 30 |
| 3.5.2.1.2. Jutiklių paketas | 30 |
| 3.5.2.1.3. Komunikacijos paketas | 31 |
| 3.5.2.1.4. Atpažinimo paketas | 31 |
| 3.5.2.1.5. Modelių paketas | 32 |
| 3.5.2.2. Mobilios aplikacijos paketų detalizavimas | 33 |
| 3.5.2.2.1. Komunikacijos paketas | 33 |

| | |
|---|----|
| 3.5.2.2.2. Nustatymų paketas..... | 33 |
| 3.5.2.2.3. Filtravimo paketas | 34 |
| 3.5.2.2.4. Jutiklių paketas | 34 |
| 3.5.2.2.5. Apmokymo duomenų rinkimo paketas | 35 |
| 3.6 Naudojami trečiųjų šalių komponentai..... | 35 |
| 4. Žmogaus veiklos atpažinimo tyrimas | 36 |
| 4.1. Duomenų rinkimas ir apdorojimas | 36 |
| 4.2. Žmogaus veiklos atpažinimo modelio apmokymas | 37 |
| 5. Žmogaus veiklos atpažinimo eksperimentinė dalis..... | 37 |
| 5.1. Žmogaus veiklos atpažinimas..... | 37 |
| 5.1.1. Tyrimo eiga | 37 |
| 5.1.2. Tyrimo rezultatai | 39 |
| 5.2 Žmogaus tapatybės nustatymas | 46 |
| 5.2.1 Tyrimo eiga | 46 |
| 5.2.2 Tyrimo rezultatai | 48 |
| 6. Išvados..... | 53 |
| Literatūra. | 54 |

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

| | |
|--|----|
| 1 pav. Akcelerometro ašys, kuriomis matuojamas pagreitis [5] | 15 |
| 2 pav. Giroskopo ašys, kuriomis matuojamas sukimas [5]..... | 15 |
| 3 pav. Magnetometro reikšmių atvaizdavimas išmaniajame telefone | 16 |
| 4 pav. Akcelerometro ir gravitacijos jutiklių signalų reikšmės surinktos sėdėjimo metu | 18 |
| 5 pav. Akcelerometro ir gravitacijos jutiklių signalų reikšmės surinktos stovėjimo metu | 18 |
| 6 pav. Ėjimo į priekį metu surinktos akcelerometro signalų reikšmės | 19 |
| 7 pav. Ėjimo atbulomis metu surinktos akcelerometro signalų reikšmės | 19 |
| 8 pav. Lipimo laiptais aukštyn metu surinkto akcelerometro signalų reikšmės | 20 |
| 9 pav. Leidimosi laiptais žemyn metu surinktos akcelerometro signalų reikšmės | 20 |
| 10 pav. LSTM atminties blokas su viena atminties celė (kvadratas). [11] | 22 |
| 11 pav. Sistemos panaudojimo atvejų diagrama..... | 26 |
| 12 pav. Serverio dalies sistemos vaizdas suskirstytas į paketus | 29 |
| 13 pav. Mobiliosios aplikacijos vaizdas suskirstytas į paketus | 29 |
| 14 pav. Duomenų bazės paketo klasių diagrama | 30 |
| 15 pav. Jutiklių paketo klasių diagrama..... | 30 |
| 16 pav. Komunikacijos paketo klasių diagrama | 31 |
| 17 pav. Atpažinimo paketo klasių diagrama..... | 31 |
| 18 pav. Modelių paketo klasių diagrama | 32 |
| 19 pav. Komunikacijos paketo klasių diagrama | 33 |
| 20 pav. Nustatymo paketo klasių diagrama | 33 |
| 21 pav. Filtravimo paketo klasių diagrama..... | 34 |
| 22 pav. Jutiklių paketo klasių diagrama..... | 34 |
| 23 pav. Apmokymo duomenų rinkimo paketo klasių diagrama | 35 |
| 24 pav. Subjekto ėjimo į priekį metu surinktos akcelerometro reikšmės | 36 |
| 25 pav. Eksperimento patalpa | 38 |
| 26 pav. Eksperimento patalpa | 39 |
| 27 pav. Pirmojo subjekto veiklos atpažinimo tikslumas..... | 41 |
| 28 pav. Antrojo subjekto veiklos atpažinimo tikslumas | 42 |
| 29 pav. Trečiojo subjekto veiklos atpažinimo tikslumas | 42 |
| 30 pav. Ketvirtojo subjekto veiklos atpažinimo tikslumas | 43 |
| 31 pav. Penktojo subjekto veiklos atpažinimo tikslumas | 44 |

| | |
|--|----|
| 32 pav. Bendras kiekvieno subjekto veiklos atpažinimo tikslumas..... | 44 |
| 33 pav. Bendras kiekvienos veiklos atpažinimo tikslumas..... | 45 |
| 34 pav. Subjektų ėjimo į priekį metu surinktos akcelerometro reikšmės | 47 |
| 35 pav. Tapatybės nustatymo tikslumas naudojant 4 sekundžių (200 taškų) trukmės duomenų rinkinius | 49 |
| 36 pav. Tapatybės nustatymo tikslumas naudojant 3 sekundžių (150 taškų) trukmės duomenų rinkinius | 50 |
| 37 pav. Tapatybės nustatymo tikslumas naudojant 2 sekundžių (100 taškų) trukmės duomenų rinkinius | 50 |
| 38 pav. Tapatybės nustatymo tikslumas naudojant 2 sekundžių (100 taškų) trukmės duomenų rinkinius | 51 |
| 39 pav. Tapatybės nustatymo tikslumas naudojant skirtingo dydžio duomenų rinkinius | 52 |

LENTELIŲ SĄRAŠAS

| | |
|--|----|
| 1 lentelė Išmaniuosiuose telefonuose esantys jutikliai, kurie gali būti panaudoti žmogaus veiklos atpažinimui..... | 14 |
| 2 lentelė Žmogaus veiklos atpažinimo tikslumas taikant skirtingus metodus | 23 |
| 3 lentelė Žmogaus veiklos atpažinimo sistemų palyginimas | 24 |
| 4 lentelė Pirmojo subjekto eksperimento rezultatai | 39 |
| 5 lentelė Antrojo subjekto eksperimento rezultatai..... | 40 |
| 6 lentelė Trečiojo subjekto eksperimento rezultatai | 40 |
| 7 lentelė Ketvirtojo subjekto eksperimento rezultatai..... | 40 |
| 8 lentelė Penktojo subjekto eksperimento rezultatai | 41 |
| 9 lentelė Trijų subjektų ėjimo į priekį metu surinktų akcelerometro signalų reikšmių palyginimas | 46 |
| 10 lentelė Tapatybės nustatymo eksperimento rezultatai naudojant 4 sekundžių (200 taškų) trukmės duomenų rinkinius..... | 48 |
| 11 lentelė Tapatybės nustatymo eksperimento rezultatai naudojant 3 sekundžių (150 taškų) trukmės duomenų rinkinius..... | 48 |
| 12 lentelė Tapatybės nustatymo eksperimento rezultatai naudojant 2 sekundžių (100 taškų) trukmės duomenų rinkinius..... | 48 |
| 13 lentelė. Tapatybės nustatymo eksperimento rezultatai naudojant 1 sekundės (50 taškų) trukmės duomenų rinkinius..... | 49 |

TERMINŲ IR SANTRUMPŲ ŽODYNAS

1. JSON – JavaScript objektų notacija.
2. CEC – pastovių klaidų karuselė.
3. HMM - Paslėptas Markovo Modelis.
4. GMM - Gauso mišinio modelis.
5. MLP – daugiasluoksnis perceptronas.
6. SVM - palaikymo vektorių mašina.
7. LSTM – ilgalaikės trumpalaikės atminties.
8. CART – klasifikacijos ir regresijos pasirinkimų medis.
9. INDArray – daugiadimensių masyvų kintamųjų tipas.

1. ĮVADAS

Pasaulyje kiekvienais metais vis daugiau žmonių pradeda naudoti išmaniuosius telefonus. Manoma, kad 2018 metais išmaniuosius telefonus naudos 2,53 mlrd. Žmonių [1]. Išmanieji telefonai tarnauja ne tik kaip komunikacijos priemonė, bet ir tampa neatsiejama mūsų gyvenimo dalimi net 79 % išmaniųjų telefonų vartotojų per dieną nepalieka išmaniojo telefono ilgiau nei dviem valandoms [2]. Be to, tobulėjančios išmaniųjų telefonų techninės charakteristikos leidžia valdyti ir komunikuoti su kitais įrenginiais (garso aparatūros, kambario apšvietimo, širdies ritmo matuokliais ir t.t.).

Žmogaus veiklos atpažinimas panaudojant unikalius elgsenos požymius, registruojamus naudojant išmaniajame telefone esančius jutiklius (giroskopus, akcelerometrus, inklinometrus) leis sukurti žmogaus kasdienį gyvenimą gerinančias aplinkas, vaikų ir senjorų stebėjimo sistemas [3]. Pavyzdžiui, nustačius, kad vartotojas užmigo sistema automatiškai pritildytų muziką ir išjungtų kambario apšvietimą arba nustačius, kad vartotojas pagriuvo informuotų atsakingą asmenį apie įvykį ir/arba iškviestų greitąją pagalbą.

Šiame darbe aprašoma realiu laiku veikianti žmogaus veiklos atpažinimo sistema, kuri geba rinkti, adoruoti, persiųsti į serverį ir išsaugoti duomenų bazėje išmaniojo telefono jutiklių reikšmes, kurios nusako žmogaus atliekamus veiksmus. Taip pat sistema suteikia galimybę eksperimentuoti keičiant įėjimo reikšmes ir klasifikavimo modelius.

1.1. Dokumento paskirtis

Šio dokumento paskirtis pateikti žmogaus veiklos atpažinimui taikomų metodų analizę, apžvelgti egzistuojančias žmogaus veiklos atpažinimo sistemas. Taip pat pateikiamas sukurtos sistemos projektas bei atlikto žmogaus veiklos atpažinimo eksperimento rezultatai.

1.2. Darbo tikslas

Šio darbo tikslas yra pasiūlyti ir aprobuoti vartotojo veiklos atpažinimo sistemą, veikiančią nešiojamame mobiliajame įrenginyje (išmaniajame telefone) ir leidžiančią nustatyti žmogaus atliekamus veiksmus naudojant išmaniojo telefono jutiklių surinktus duomenis apie telefono padėties kitimą erdvėje.

1.3. Uždaviniai

- Išanalizuoti žinomus veiklos atpažinimo algoritmus ir metodus naudojant išmaniojo telefono jutiklių duomenis.
- Nustatyti žmogaus veiklos erdvės – laiko kinematinį parametru dinamiką.
- Sukurti realiu laiku veikiančią žmogaus veiklos atpažinimo pagal eisenos požymius algoritmą.
- Sukurti pasiūlyto modelio pagrindu veikiančios žmogaus veiklos atpažinimo sistemos prototipą atlikti jos tyrimą ir įvertinti tokios sistemos charakteristikas (greitį, atpažinimo tikslumą).

2. ŽMOGAUS VEIKLOS ATPAŽINIMO ANALITINĖ DALIS

2.1. Jutikliai

Šiuolaikiniai išmanieji telefonai turi įvairių jutiklių, tačiau ne visi jutikliai gali suteikti reikalingos informacijos, kuri padėtų atpažinti žmogaus veiklą. Todėl lentelėje 1 pateikiami jutikliai, kurie gali suteikti informacijos, kuri padėtų nustatyti atliekamą žmogaus veiklą.

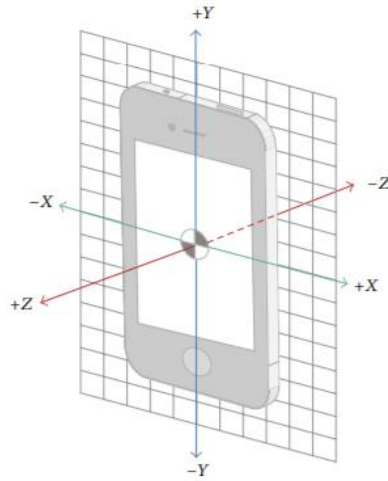
1 lentelė Išmaniuosiuose telefonuose esantys jutikliai, kurie gali būti panaudoti žmogaus veiklos atpažinimui

| Jutiklis | Aprašymas |
|----------------|--|
| Akcelerometras | Matuoja akceleracijos jėgą, kurią patiria įrenginys. |
| Giroskopas | Matuoja pasukimą, kurį patiria įrenginys. |
| Magnetometras | Matuoja magnetinį lauką, kurį patiria įrenginys. |
| GPS | Nustato įrenginio globalinę padėtį. |

2.1.1. Akcelerometras

Akcelerometras tai jutiklis skirtas matuoti pagreičiui, kurį patiria prietaisas. Šis jutiklis nuskaitymo reikšmės trimis ašimis, kurių kryptys yra numatytos ir pavaizduotos 1 paveiksle. Įprastai akcelerometro reikšmės sudarytos iš akceleracijos ir gravitacijos vektorių, kurios gali būti atkirtos. Akceleracijos vektorius nusako akceleracijos jėgą, o gravitacijos vektorius nusako gravitacijos jėgą. Gravitacijos vektorius leidžia sužinoti prietaiso padėtį, nes gravitacijos vektorius visuomet būna nukreiptas žemyn. Atliekant žmogaus veiklos atpažinimą labiausiai pasikliaujama akcelerometru, nes šio jutiklio reikšmės

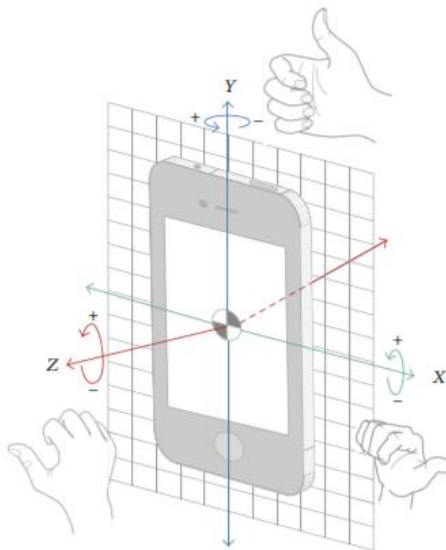
tiesiogiai susijusios su žmogaus atliekama veikla. Pvz., naudojant akcelerometrą galime nustatyti ar asmens atliekama veikla pasikeitė iš ėjimo į bėgimą lyginat akcelerometro reikšmes [4].



1 pav. Akcelerometro ašys, kuriomis matuojamas pagreitis [5]

2.1.2. Giroskopas

Giroskopas tai jutiklis skirtas matuoti sukimui, kurį patiria prietaisas. Šis jutiklis nuskaito reikšmes trimis ašimis, kurių kryptys numatytos ir pavaizduotos 2 paveiksle. Sukimo reikšmės matuojamos aplik kiekvieną ašį. Žmogaus veiklos nustatyme giroskopas gali būti panaudojamas kaip papildomas šaltinis skirtas išmaniojo telefono orientacijai nustatyti.



2 pav. Giroskopo ašys, kuriomis matuojamas sukimas [5]

2.1.3. Magnetometras

Magnetometras tai jutiklis skirtas magnetinio lauko nustatymui. Šio jutiklio pagalba galime nustatyti kryptį, kuri nusakoma pagal šiaurės ir pietų polių. Išmaniajame telefone magnetometras atvaizduojamas kaip kompasas, kur šiaurės kryptis ties 0 laipsnių (3 pav.). Žmogaus veiklos atpažinime magnetometras gali būti naudojamas kaip pagalbinis duomenų šaltinis, pvz., Ėjimo į priekį metu galime nustatyti kokia kryptimi juda asmuo.



3 pav. Magnetometro reikšmių atvaizdavimas išmaniajame telefone

2.1.4. GPS

GPS – tai prietaisas skirtas nustatyti globaliniai įrenginio pozicijai. Įrenginio pozicija nustatoma koordinatėmis, kurias galima atvaizduoti žemėlapyje. Žmogaus veiklos atpažinime GPS gali būti naudojamas nustatant įrenginio pozicijas skirtingais laiko momentais, taip sužinant judėjimo kryptį ir greitį. Pagal tai galime spręsti kokia veikla yra atliekama.

2.2. Veiklų analizė

Tam, kad galėtume atpažinti žmogaus veiklą atliekama veikla turi pasižymėti požymiais pagal kuriuos galėtume vykdyti veiklos atpažinimą. Požymiai nustatomi ar atliekant veiklą signalų reikšmės pasižymi kitoms veikloms nebūdingomis signalų reikšmėmis ir ar yra pasikartojamumas signalo reikšmėse, kuris leistų identifikuoti atliekamas veiklas. Paveiksluose 4, 5, 6, 7, 8, 9 pateikiami jutiklių

signalai, kurie surinkti atliekant sėdėjimo, stovėjimo, ėjimo į priekį, ėjimo atbulomis, lipimo laiptais aukštyn ir leidimosi laiptais žemyn metu, kai išmanusis telefonas buvo laikomas kelnų kišenėje.

Tyrinėjamos veiklos gali būti skirstomos:

- Stacionarias – veiklos, kurių metu asmuo nekeičia savo pozicijos.
- Nestacionarias – veiklos, kurių metu asmuo keičia savo poziciją.

Tyrinėjamos stacionarios veiklos skirstomos:

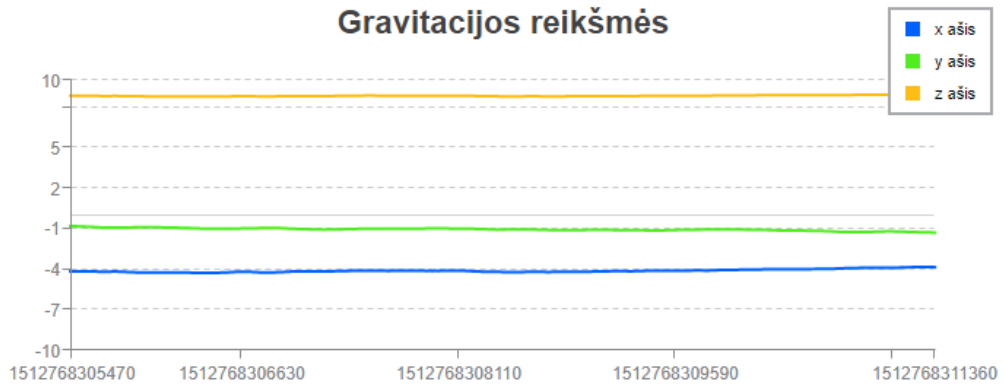
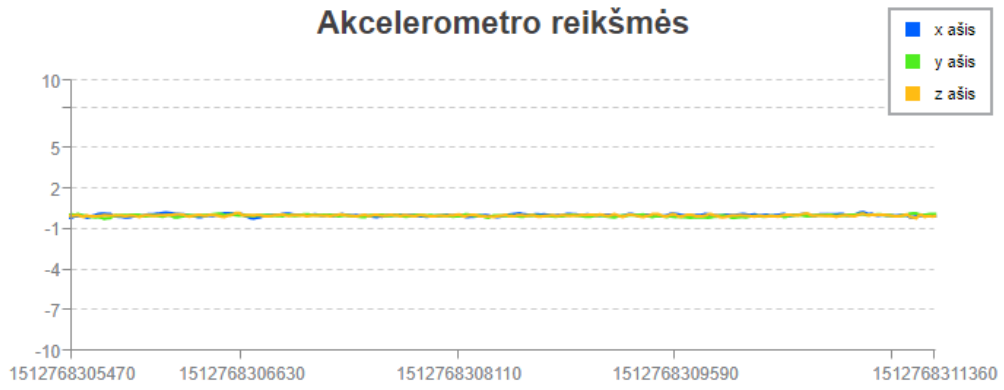
- Sėdėjimas.
- Stovėjimas.

Tyrinėjamos nestacionarios veiklos skirstomos:

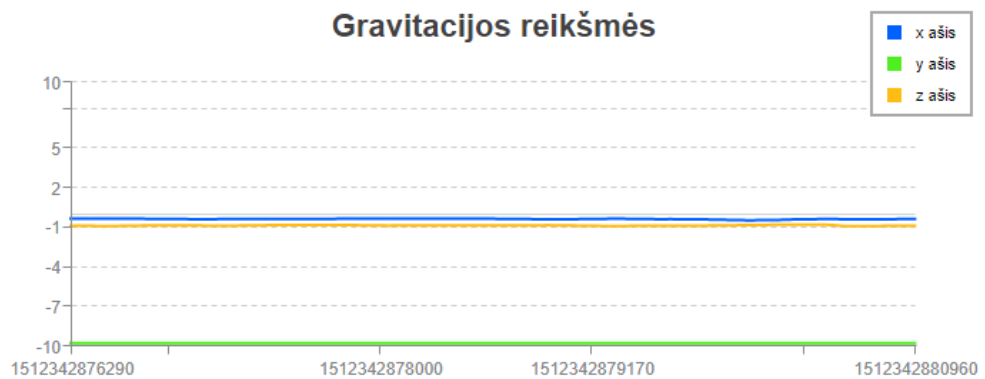
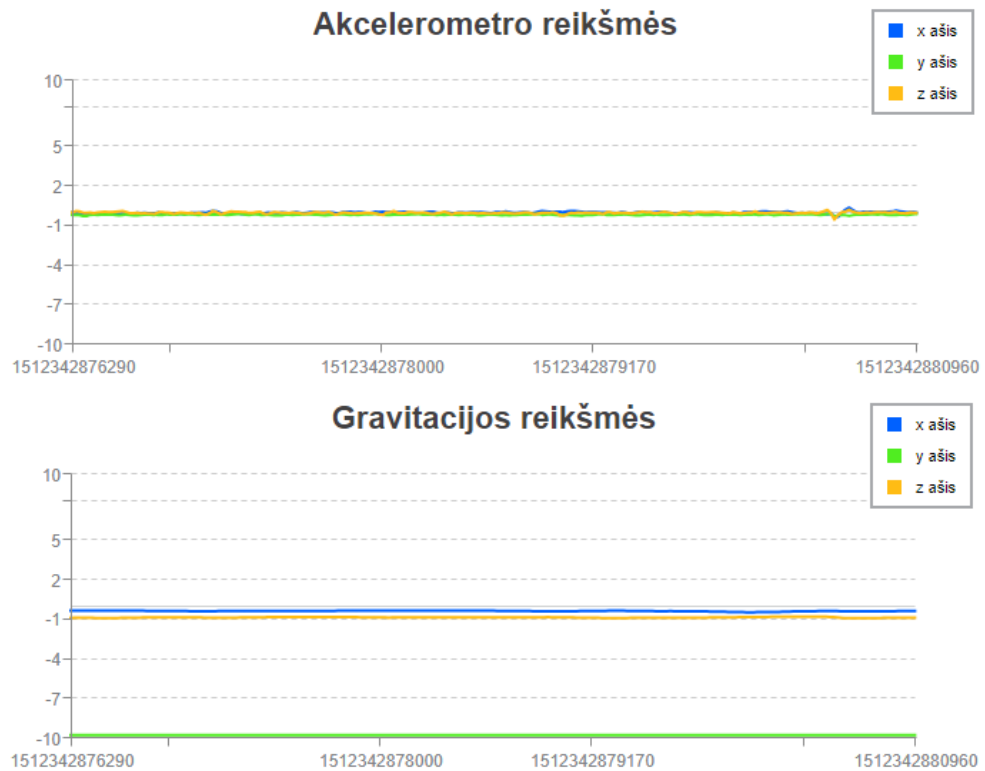
- Ėjimas į priekį.
- Ėjimas atbulomis.
- Lipimas laiptais aukštyn.
- Leidimasis laiptais žemyn.

2.2.1. Stacionarių veiklų analizė

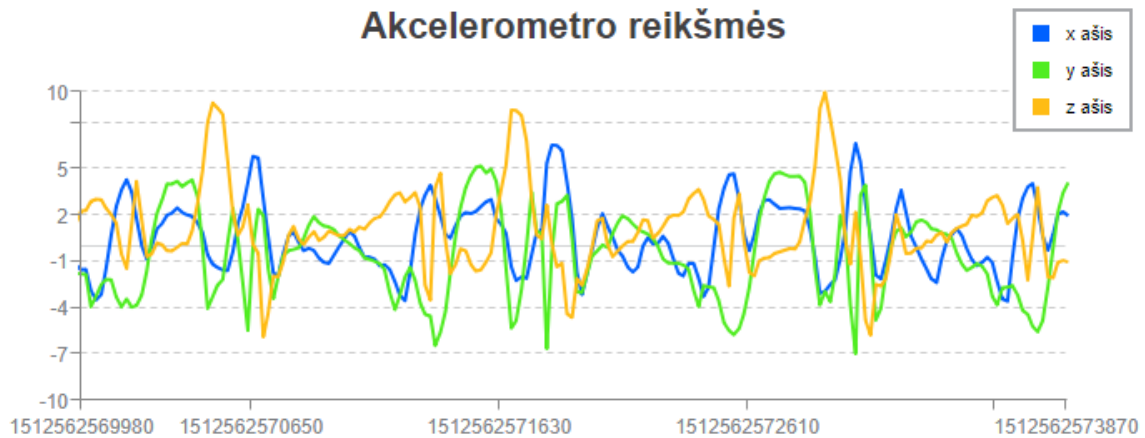
Paveiksluose 4, 5 pateiktos stovėjimo ir sėdėjimo metu surinktos jutiklių signalų reikšmės. Analizuojant jutiklių signalų reikšmes matome, kad akcelerometro signalų reikšmės beveik nekinta ir yra artimos nuliui. Todėl stacionarios veiklos negali būti identifikuojamos panaudojant akcelerometrą. Tačiau jei atkreipsime dėmesį į gravitacijos signalų reikšmes matome, kad signalų reikšmės skiriasi. Šiuo atveju sėdėjimo metu gravitacijos z ašies signalo reikšmė yra didžiausia, o stovėjimo metu y ašies signalas turi žemiausią reikšmę. Todėl galima teigti, jog norint nustatyti stacionarią veiklą akcelerometro reikšmės turi būti artimos nuliui, o veikla gali būti identifikuojama pagal gravitacijos signalų reikšmes.



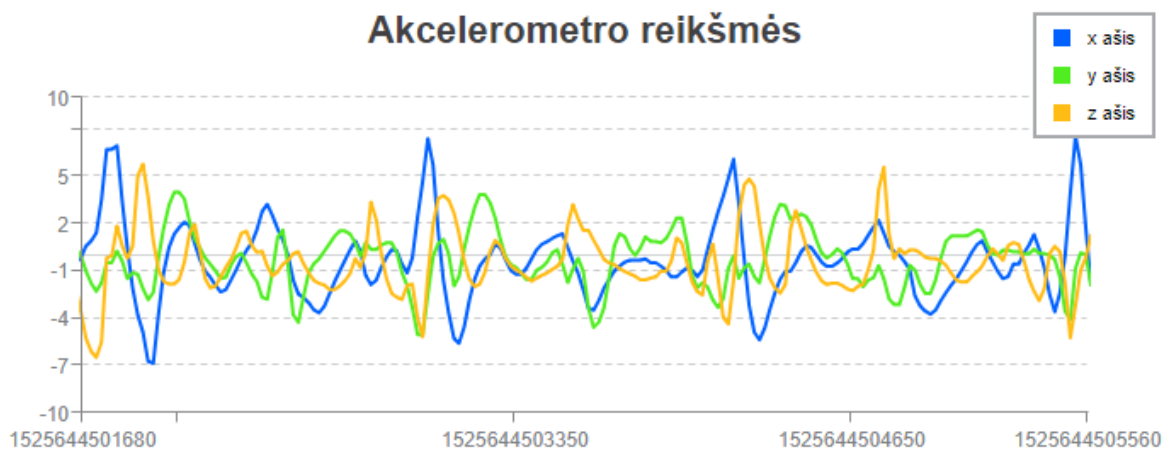
4 pav. Akcelerometro ir gravitacijos jutiklių signalų reikšmės surinktos sėdėjimo metu



5 pav. Akcelerometro ir gravitacijos jutiklių signalų reikšmės surinktos stovėjimo metu



6 pav. Ėjimo į priekį metu surinktos akcelerometro signalų reikšmės



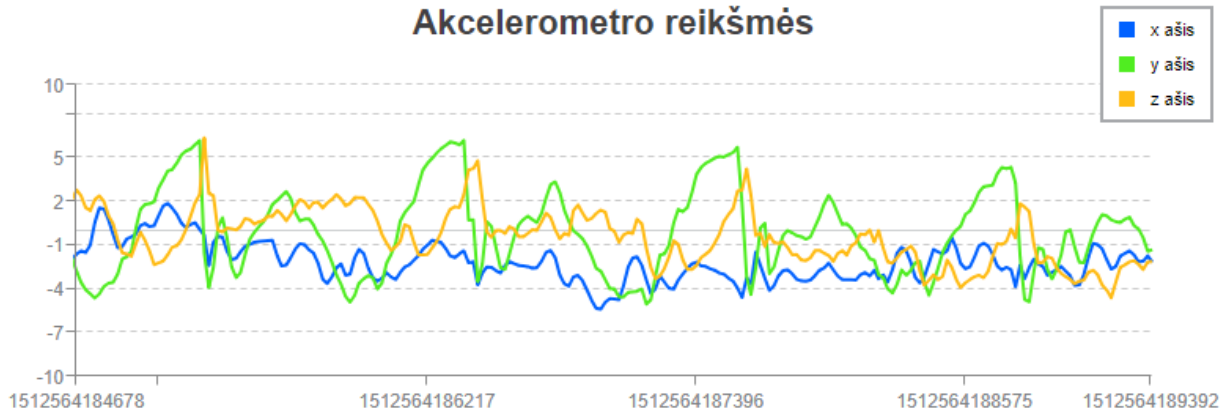
7 pav. Ėjimo atbulomis metu surinktos akcelerometro signalų reikšmės

2.2.2. Nestacionarių veiklų analizė

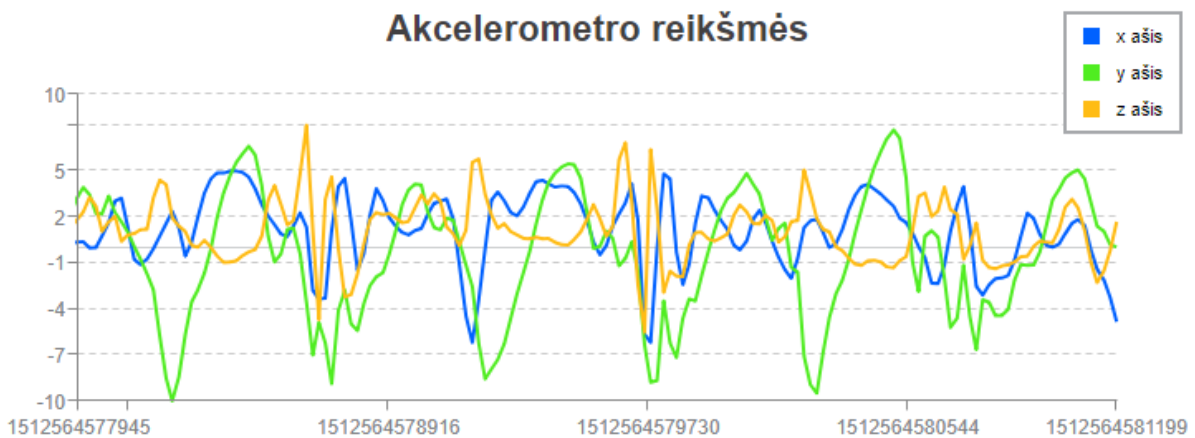
Paveiksluose 6, 7, 8, 9 pateiktos akcelerometro signalų reikšmės, kurios buvo surinktos atliekant ėjimo į priekį, ėjimo atbulomis, lipimo laiptais aukštyn ir leidimosi laiptais žemyn veiklas. Peržiūrėjus signalus buvo nustatyta, kad nestacionarioms veikloms gravitacijos signalai neturi įtakos, todėl gravitacijos signalai nėra analizuojami.

Analizuojant 6 paveiksle pateiktus akcelerometro signalus atliekant ėjimo į priekį veiklą matome signalo reikšmių pasikartojomumą tarp žingsnių, be to, signalų reikšmės skiriasi nuo kitų analizuojamų nestacionarių veiklų.

Analizuojant 7 paveiksle pateiktas akcelerometro signalų reikšmes atliekant ėjimo atbulomis veiklą matome signalo reikšmių pasikartojomumą tarp žingsnių, be to, kiekvieno žingsnio metu signalų maksimalios reikšmės išsidėsčiusios skirtinga tvarka nei ėjimo į priekį metu.



8 pav. Lipimo laiptais aukštyn metu surinkto akcelerometro signalų reikšmės



9 pav. Leidimosi laiptais žemyn metu surinktos akcelerometro signalų reikšmės

Analizuojant 8 paveiksle pateiktas akcelerometro signalų reikšmes surinktas atliekant lipimo laiptais aukštyn veiklą matome, y ašies signalo reikšmės pamažu kyla ir staigiai kreta. Toks y ašies signalo reikšmių svyravimas nėra būdingas kitoms veikloms.

Analizuojant 9 paveiksle pateiktas akcelerometro signalų reikšmes surinktas atliekant leidimosi laiptais žemyn veiklą matome ryškius svyravimus y ašies signalo reikšmėse, kurie nėra būdingi jokiai kitai analizuojamai veiklai.

2.3. Žmogaus veiklos atpažinimas

2.3.1. Duomenų rinkimas

Žmogaus veiklos atpažinimo sistema veiklų klasifikavimui naudojamos giroskopo, akcelerometro ir gravitacijos jutiklių ašių signalų reikšmių sekos. Jutiklių signalų reikšmės renkamos pastoviu 50Hz dažnių, nes šio dažnio pakanka užfiksuoti svarbiems atliekamos veiklos pokyčiams [6]. Tačiau atliekant jutiklių signalų reikšmių tinkamumą buvo pastebėta, kad renkamos signalų reikšmės nėra renkamos pastovių dažniu. Be to, išmaniajam telefonui esant pastovioje padėtyje nevisos signalų reikšmės buvo gaunamos iš jutiklių. Todėl buvo nuspręsta realizuoti duomenų interpoliaciją realiu laiku. Naudojama interpoliacija išreiškiama:

$$y = y_a + (y_b - y_a) \frac{x - x_a}{x_b - x_a}; (1)$$

čia (x, y) – interpoliuojamas taškas, (x_a, y_a) – pirmas taškas, (x_b, y_b) – antras taškas.

2.3.2. Atpažinimo metodai

Šiame skyriuje analizuojami žmogaus veiklos atpažinimo metodai, kurie pateikti lentelėje 2, kuriais buvo pasiekti geriausi rezultatai.

2.3.2.1. HMM

Paslėptas Markovo modelis naudojamas apskaičiuoti tikimybes duomenų sekoms, kurios nusako realaus pasaulio įvykius. Paslėpto Markovo modelis paremtas tikimybėmis, kurios nusako tikimybę, jog būsena pereis į kitą būseną, pagal parametrus, kurie gali nulemti būsenos perėjimą. Perėjimo tikimybės nustatomos modelio apmokymo metu, kur kiekviena būsena turi perėjimo tikimybės į kitas būsenas [7].

2.3.2.2. GMM

GMM yra parametrų tikimybių tankio funkcija, kuri pateikta kaip svertinė Gauso komponentų tankio suma. GMM paprastai naudojamas kaip tikimybių pasiskirstymo modelis imant pastovius matavimus ar biometrinėse sistemose, pvz., balsų atpažinimui sklindančiame garse [8].

Gauso mišinio modelis aprašomas lygtimi:

$$p(x|\lambda) = \sum_{i=1}^M w_i g(x|\mu_i, \Sigma_i); \quad (2)$$

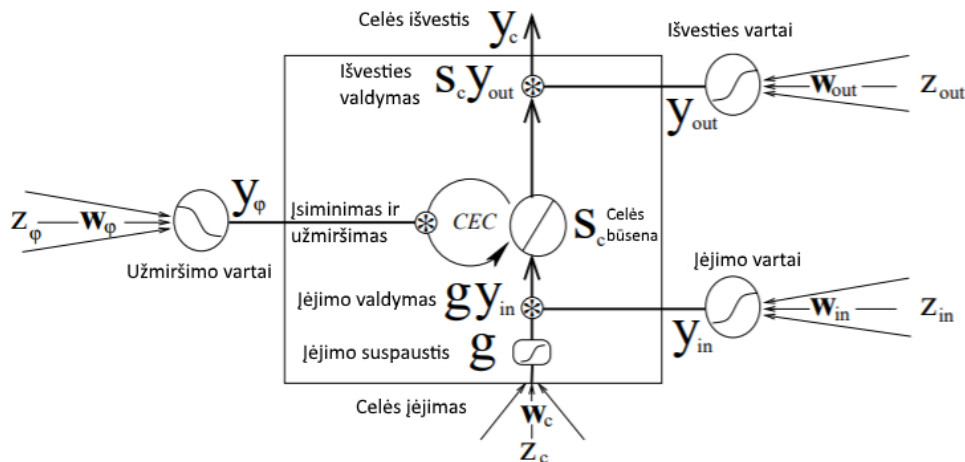
čia x – n -dimensijų duomenų rinkiniai, w_i – mišinio svoriai, $g(x|\mu_i, \Sigma_i)$ – Gauso komponentų svoriai.

2.3.2.3. Naiviojo Bajeso klasifikatorius

Šis klasifikatorius yra paremtas Bajeso teorema ir tikimybių skaičiavimais, kad būtų gauta Bajesinė išvada. Paprasčiausias Bajesinis metodas – Naivusis Bajesas yra apibūdinamas kaip specialaus atvejo algoritmas, kuriam nereikia prisitaikyti prie duomenų srauto. Tai yra todėl, nes algoritmas yra paremtas prižiūrimu mokymusi. Naudojant šį klasifikatorių paprasta apmokyti modelį ir iškart gauti tikslius ir apibendrintus rezultatus. Šis metodas yra tinkamas pradinių duomenų palyginimui. [9]

2.3.2.4. LSTM

Paprasčiausias LSTM yra neuroninio tinklo paslėptasis sluoksnis, kuris turi vieną arba daugiau atminties celių ir porą multiplikacinių vartų, kurie yra įėjimo ir išėjimo vartai. Kiekvienoje atminties celėje yra rekurentiškai su savimi sujungtas blokas vadinamas CEC [10]. Recirkuliojant aktyvacijos ir klaidų signalus neribotai, CEC sukuria trumpalaikės atminties saugyklą ilgesniems laiko periodams. 10 paveiksle pateiktoje schemoje įvesties, užmiršimo ir išvesties vartai gali būti apmokyti, kokia informacija juose yra saugoma, kada nuskaitoma ir kiek laiko duomenys yra saugomi [11].



10 pav. LSTM atminties blokas su viena atminties celiu (kvadratas). [11]

2.4. Atliktų tyrimų rezultatai

Lentelėje 2 pateikiami žmogaus veiklos atpažinimo tikslumas taikant skirtingus metodus panaudojant išmaniojo telefono jutiklius.

2 lentelė Žmogaus veiklos atpažinimo tikslumas taikant skirtingus metodus

| Metodas | Šaltinis | Žmogaus veiklos atpažinimo tikslumas |
|---------------------------------|----------|--------------------------------------|
| LSTM | [12] | 97 % |
| „iClassify“ aplikacija | [13] | Iki 97 % |
| HMM | [14] | 95.1 % |
| ReliefF | [15] | 94,7 % |
| GMM | [14] | 93.5 % |
| Naiviojo Bajeso klasifikatorius | [16] | 93 % |
| CART | [16] | 92 % |
| MLP | [16] | 58 % |
| Pasirinkimų medis | [17] | 46,75 % |
| SVM | [16] | 36 % |

2.5. Egzistuojančios sistemos

Šiame poskyryje apžvelgiamos mobiliosios aplikacijos skirtos žmogaus veiklos atpažinimui, kurios palaiko Android operacinę sistemą.

2.5.1. „Physical Activity Recognition“

Tai mobilioji aplikacija išleista įmonės „POP Studio“, kuri buvo atnaujinta 2014-10-20 [18]. Ši mobilioji aplikacija veiklos atpažinimui naudoja „Activity Recognition API“, kuris leidžia nustatyti pagrindinės žmogaus atliekamas veiklas (ėjimą, bėgimą, važiavimą automobiliu, važiavimą dviračiu).

Programinės įrangos funkcionalumas:

- Turi grafinę vartotojo sąsają
- Nurodo nustatytos veiklos tikslumą
- Nustatytas veiklas įrašo įvykių žurnalą
- Veikia fono režime

2.5.2. „SM Activity Recognition“

Tai mobilioji aplikacija sukurta Nikolajaus Bondarchu, kuri buvo atnaujinta 2016-11-04 [19]. Žmogaus veiklos atpažinimui naudoja „Activity Recognition API“, kuris leidžia atpažinti pagrindines žmogaus atliekamas veiklas. Ši mobilioji aplikacija neturi grafinės vartotojo sąsajos, veikia fono režime.

2.5.3. „Activity Recognition Example“

Tai mobilioji aplikacija sukurta Džeimso Cogano, kuri buvo atnaujinta 2015-09-13 [20]. Žmogaus veiklos atpažinimui naudoja „Activity Recognition API“, kuris leidžia atpažinti pagrindines žmogaus atliekamas veiklas. Ši mobilioji aplikacija neturi grafinės vartotojo sąsajos, veikia fono režime.

2.5.4. Žmogaus veiklą atpažįstančių sistemų palyginimas

Lentelėje 3 pateikiamas žmogaus veiklos atpažinimo sistemų palyginimas.

3 lentelė Žmogaus veiklos atpažinimo sistemų palyginimas

| Funkcionalumas \ Produktai | „Physical Activity Recognition“ | „SM Activity Recognition“ | „Activity Recognition Example“ |
|--|---------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| Turi grafinę vartotojo sąsają | + | - | - |
| Veiklos atpažinimui naudoja Google Activity Recognition API | + | + | + |
| Tikslumas didesnis nei 90 % | - | - | - |
| Veikia fono režime | + | + | + |
| Geba atpažinti daugiau nei keturias veiklas | - | - | - |
| Galimybė papildomai naudoti išmaniojo laikrodžio jutiklių duomenis | - | - | - |

2.6. Analizės išvados

Buvo išanalizuoti jutikliai, kurių signalai gali būti pritaikomi žmogaus veiklos atpažinimui kaip jėgimo signalai: akcelerometras, giroskopas, gravitacijos vektorius, magnetometras ir GPS. Dažniausiai veiklos atpažinimui naudojamas akcelerometras, o kitų jutiklių signalai gali būti naudojami kaip papildomi šaliniai, kurie padeda greičiau nustatyti žmogaus atliekamą veiklą.

Apžvelgtos žmogaus atliekamos veiklos, nustatytos jutiklių signalų reikšmės, kurias panaudojant galima nustatyti žmogaus atliekamą veiklą. Be to, apžvelgti metodai, kurie naudojami žmogaus veiklos atpažinimui. Geriausi rezultatai buvo pasiekti naudojant LSTM, todėl realizuojant žmogaus atpažinimo sistemą bus atsižvelgta į šį metodą.

Išanalizavus egzistuojančias sistemas buvo nustatyta, kad visos jos žmogaus veiklos atpažinimui naudoja Google Activity Recognition API. Tačiau analizuojamos mobiliosios aplikacijos nevykdo žmogaus veiklos atpažinimo tik atvaizduoja Google Activity Recognition API nustatytas veiklas.

3. ŽMOGAUS VEIKLOS ATPAŽINIMO PROJEKTINĖ DALIS

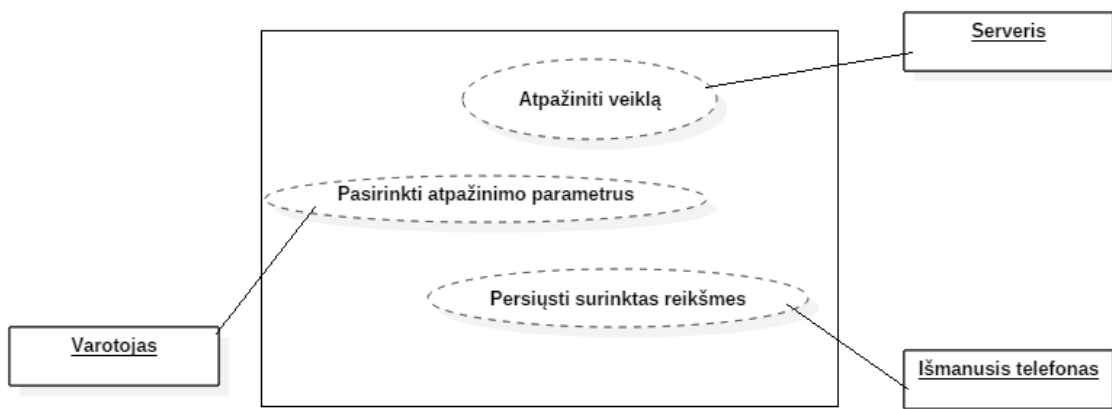
3.1. Sistemos paskirtis

Žmogaus veiklos atpažinimo sistema leidžia rinkti jutiklių reikšmes. Surinktos reikšmės yra apdorojamos ir naudojant šias reikšmes bandoma klasifikuoti žmogaus atliekamas veiklas. Veiklų klasifikavimui naudojamas LSTM, kuris yra paslėptasis sluoksnis rekurentiniame neuroniniame tinkle. Vartotojui suteikiama galimybė keisti atpažinimo parametrus ir modelius.

Šios sistemos paskirtis leisti eksperimentuoti su klasifikavimo modeliais ir atpažinimo parametrais. Taip pat vartotojas turi galimybę rinkti ir keisti atpažinimo parametrus realiu laiku. Be to, realizuotas surinktų jutiklių reikšmių vizualizavimas, galimybė atsiųsti duomenis CSV formatu, galimybė peržiūrėti prisijungusius ir registruotus sistemoje įrenginius.

3.2. Sistemos panaudojimo atvejų diagrama

Paveiksle 11 pateikiama žmogaus veiklos atpažinimo sistemos panaudojimo atvejų diagrama.



11 pav. Sistemos panaudojimo atvejų diagrama

3.3. Funkciniai reikalavimai

Svarbiausios sistemos atliekamos funkcijos:

- *Išmaniojo telefono jutiklių duomenų rinkimas.* Vartotojas turi galimybę įjungti ir išjungti šią funkciją taip pat galima priskirti numatytus parametrus renkamiems duomenims.
- *Specialių apmokymui skirtų jutiklių duomenų rinkimas.* Vartotojas turi galimybę rinkti specialiai apmokymui skirtus duomenis. Taip pat yra galimybė nustatyti duomenų rinkimo trukmę ir duomenų rinkimo pradžios atidėjimo laiką.
- *Komunikacija tarp serverio ir išmaniųjų telefonų.* Sistema vykdo komunikaciją tarp serverio ir išmaniojo telefono be vartotojo įsikišimo. Tačiau vartotojas turi galimybę pakeisti kokie duomenys bus perduodami vykdant komunikaciją.
- *Surinktų jutiklių duomenų vizualizavimas.* Vartotojas turi galimybę peržiūrėti surinktus jutiklių duomenis gali juos filtruoti pagal įrenginį, atliekamą veiklą, laiką, raktažodį ir jutiklį.
- *Surinktų jutiklių duomenų atsisiuntimas CSV formatu.* Vartotojas turi galimybę atsisiųsti surinktus jutiklių duomenis gali juos filtruoti pagal įrenginį, atliekamą veiklą, laiką, raktažodį ir jutiklį. Taip pat atliekamas duomenų patikrinimas. Paskutinėje failo eilutėje pateikiama žinutė ar atsiųstuose duomenyse yra klaidų.
- *Prisijungusių išmaniųjų telefonų prie sistemos peržiūra.* Vartotojas turi galimybę peržiūrėti prie sistemos prisijungusius įrenginius. Taip pat gali peržiūrėti šių įrenginių surinktus duomenis.
- *Registruotų sistemoje įrenginių peržiūra.* Vartotojas turi galimybę peržiūrėti sistemoje registruotus įrenginius, peržiūrėti jų surinktas jutiklių reikšmes.

3.4. Nefunkciniai reikalavimai

3.4.1. Reikalavimai sistemos išvaizdai

Bendri reikalavimai vartotojo sąsajai:

- Lengvai skaitoma sąsaja
- Neįkyri spalvų paletė
- Mobilioji aplikacija patogiu naudotis viena ranka
- Nereikalaujama nuolatinio patvirtinimo
- Paprastas meniu

3.4.2. Reikalavimai panaudojamumui

Panaudojimo paprastumas, kuris vertinamas šiais kriterijais:

- Sistemą paprasta sukonfigūruoti
- Lengvai įsimenamas funkcionalumas
- Vartotojas negali įvesti savo informacijos (pasirenkama iš sąrašo)
- Naudojami įprasti ir lengvai suprantami terminai

3.4.3. Reikalavimai vykdymo charakteristikoms

- Jutiklių duomenys paimami kas 20 milisekundžių
- Duomenų persiuntimas negali trukti ilgiau nei 2 sekundes
- Atsakymo laikas iš serverio negali trukti ilgiau nei 15 sekundžių
- Nustatytos veiklos tikslumas ne mažesnis nei 90 %
- Serveris pasiekiamumas ne mažesnis nei 99.9 %
- Sistema gali apdoroti 10000 užklausų per valandą

3.4.4. Reikalavimai veikimo sąlygoms

Kadangi sistema turi veikti skirtinguose aplinkose, todėl naudojamoms aplinkoms keliami šie reikalavimai:

- Reikalavimai serverio veikimo sąlygoms:
 - Operacinė sistema „Ubuntu 16.04“
 - Aplikacijos serveris „GlassFish 4“
- Reikalavimai mobiliosios aplikacijos veikimo sąlygoms:
 - Operacinė sistema Android versija 5.0 ir didesnė
 - Išmanusis įrenginys turi turėti akcelerometrą ir giroskopą

3.4.5. Saugumo reikalavimai

Kiekvienam įrenginiui priskiriamas unikalus identifikatorius. Taip pat išsaugomas įrenginio gamintojas, modelis, operacinė sistema, ir jos versija. Tačiau jokie kiti duomenys, kurie leistų identifikuoti vartotoją nebus saugomi.

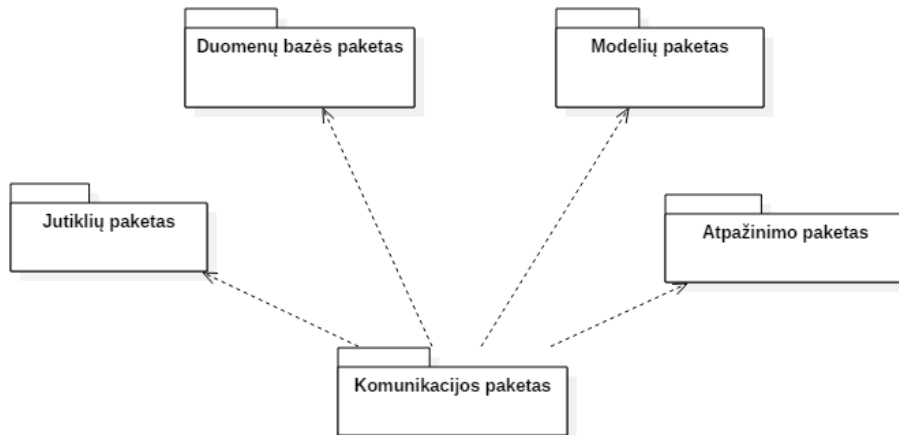
3.5. Sistemos architektūros modelis

3.5.1. Sistemos skirstymas į paketus

Žmogaus veiklos atpažinimo sistemą sudaro dvi dalys: mobiliosios aplikacijos (13 pav.) ir serverio dalys (12 pav.). Todėl žemiau pateikiami abiejų sistemos dalių suskirstytų į paketus vaizdai.

Sistemos serverio dalį sudaro penki paketai:

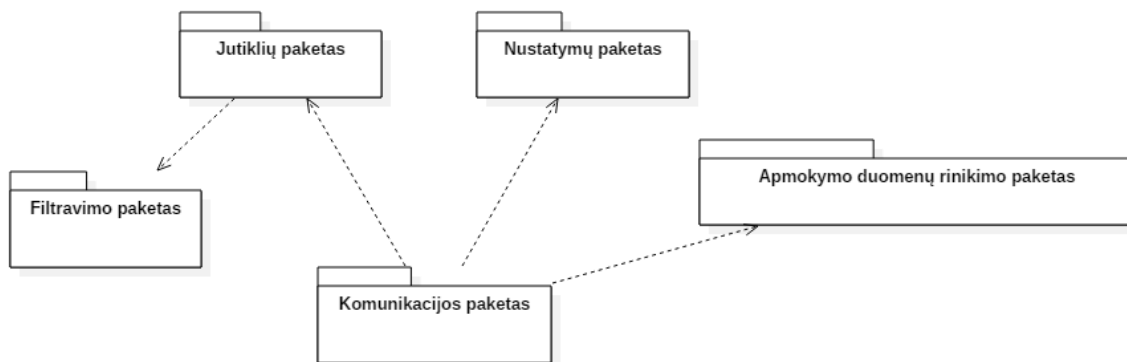
- *Komunikacijos paketas.* Pakete realizuotas „WebSocket“ komunikacijos protokolas, kurio pagalba sistema gali komunikuoti su išmaniaisiais telefonais ir naršyklės klientais
- *Jutiklių paketas.* Pakete realizuota jutiklių duomenų struktūra
- *Duomenų bazės paketas.* Pakete realizuota komunikacija su duomenų baze
- *Modelių paketas.* Pakete aprašomi įrenginių tipai, kurie gali prisijungti prie sistemos
- *Atpažinimo paketas.* Pakete realizuotas dirbtinis neuroninis tinklas skirtas atpažinti žmogaus atliekamai veiklai



12 pav. Serverio dalies sistemos vaizdas suskirstytas į paketus

Sistemos mobiliosios aplikacijos dalis sudaryta iš penkių paketų:

- *Komunikacijos paketas.* Pakete realizuotas „WebSocket“ komunikacijos protokolas, kurio pagalba mobilioji aplikacija komunikuoja su serveriu
- *Jutiklių paketas.* Pakete aprašyta jutiklių duomenų struktūra ir surinktų duomenų apdorojimo algoritmai. Taip pat šis paketas atsakingas už jutiklių duomenų surinkimą
- *Filtravimo paketas.* Pakete realizuoti surinktų jutiklių duomenų filtravimo algoritmai
- *Nustatymų paketas.* Paketas leidžia išsaugoti ir gauti nustatytus parametrus reikalingus korektiškam sistemos veikimui
- *Apmokymo duomenų rinkimo paketas.* Pakete aprašyta apmokymo duomenų struktūra ir realizuotas apmokymo duomenų rinkimo struktūra

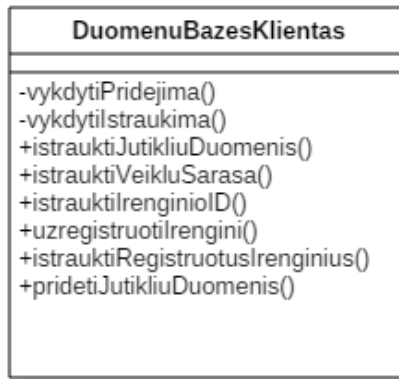


13 pav. Mobiliosios aplikacijos vaizdas suskirstytas į paketus

3.5.2 Paketų detalizavimas

3.5.2.1. Serverio paketų detalizavimas

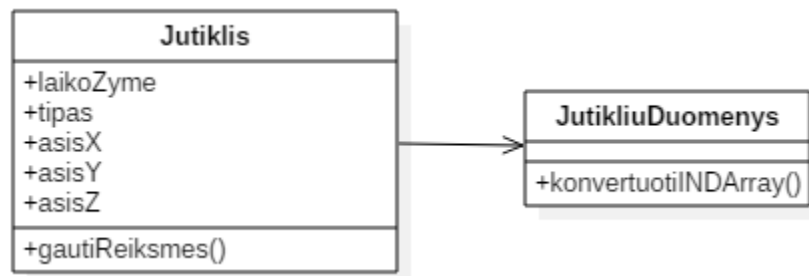
3.5.2.1.1 Duomenų bazės paketas



14 pav. Duomenų bazės paketo klasių diagrama

Paveiksle 14 pateiktas duomenų bazės paketas, kuris skirtas vykdyti užklausas duomenų bazėje. Klasė *DuomenuBazesKlientas* realizuoja JDBC tvarkyklę, kurią naudojant vykdomos užklausos „MySQL“ duomenų bazėje.

3.5.2.1.2. Jutiklių paketas

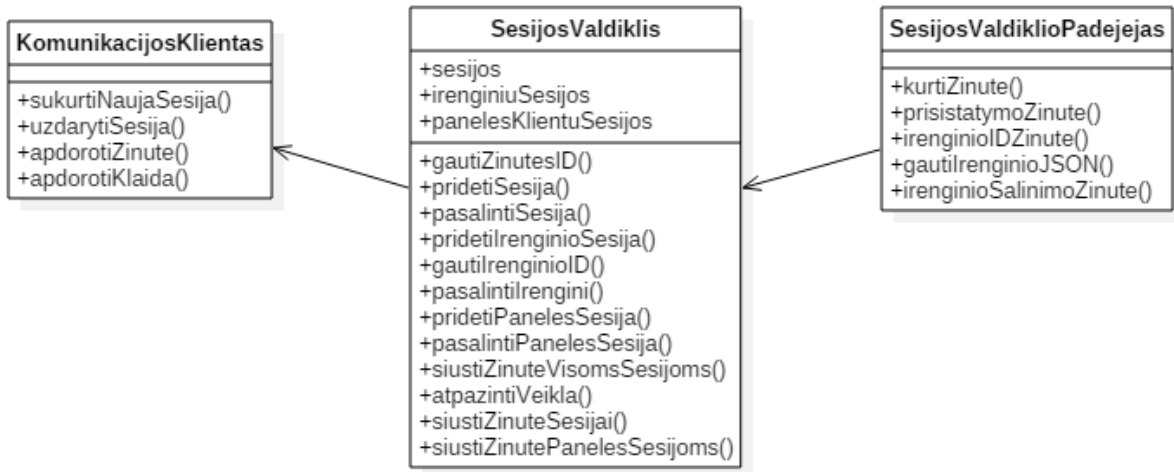


15 pav. Jutiklių paketo klasių diagrama

Paveiksle 15 pateiktas jutiklių paketas, kuris skirtas aprašyti jutiklio struktūrą ir vykdyti operacijas susijusias su jutikliais. Klasė *Jutiklis* aprašo jutiklio duomenų struktūrą. Klasė *JutikliuDuomenys* skirta

vykdyti jutiklių duomenų apdorojimo operacijas. Šiuo atveju vykdo jutiklių duomenų struktūros konvertavimą į INDDarray tipą, kuris naudojamas atliekant veiklos atpažinimą.

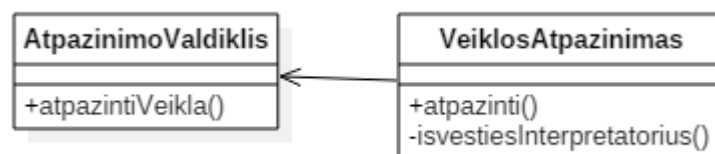
3.5.2.1.3. Komunikacijos paketas



16 pav. Komunikacijos paketo klasių diagrama

Paveiksle 16 pateiktas komunikacijos paketas, kuris skirtas vykdyti komunikaciją su prie sistemos prijungusiais įrenginiais ir naršyklės klientais realizuojant „WebSocket“ protokolą. Klasė *KomunikacijosKlientas* yra pagrindinė paketo klasė. Šioje klasėje valdomas prisijungimas prie sistemos, atsijungimas nuo sistemos ir gaunamų žinučių apdorojimas. Klasė *SesijosValdiklis* skirta gautų žinučių apdorojimui ir išsiunčia atsakymo žinutės prietaisams, kurie prašė informacijos iš serverio. Klasė *SesijosValdiklioPadejejas* kuria atsakymo žinutes, kurios atitinka JSON formatą.

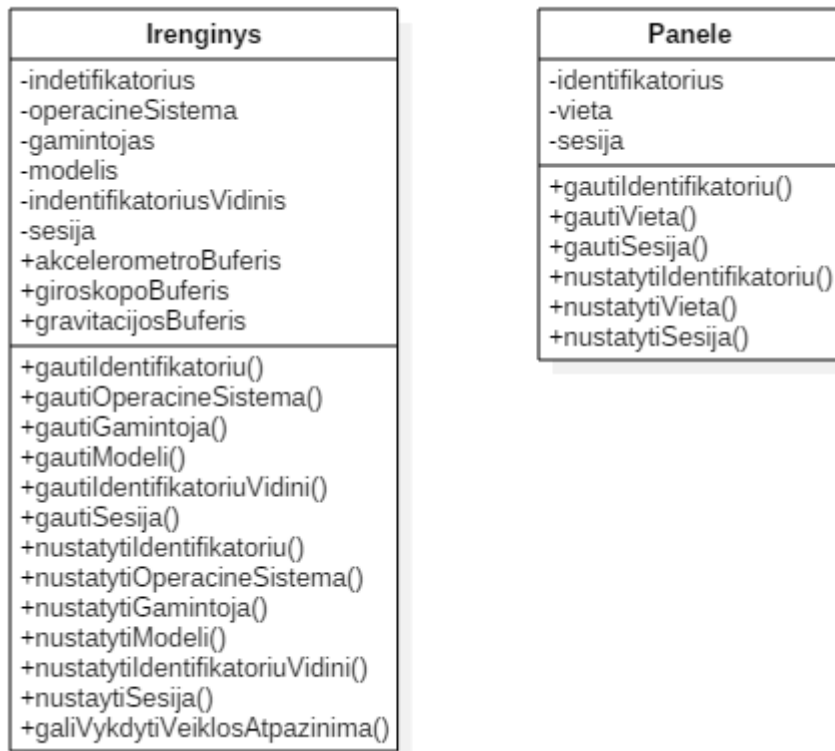
3.5.2.1.4. Atpažinimo paketas



17 pav. Atpažinimo paketo klasių diagrama

Paveiksle 17 pateiktas atpažino paketas, kuris skirtas atpažinti atliekamą žmogaus veiklą pagal iš išmaniojo telefono gautus jutiklių duomenis. Klasė *AtpazinimoValdiklis* skirta valdyti atpažinimo klasėms. Ši klasė buvo realizuota tam, kad ateityje būtų paprasta išplėsti atpažinimą, pvz., pridėti tapatybės atpažinimą. Klasė *VeiklosAtpazinimas* skirta vykdyti žmogaus veiklos atpažinimą, tačiau atpažinimo biblioteka grąžina daugiamatį masyvą su tikimybėmis, todėl papildomai buvo realizuotas interpretatorius, kuris atrenka labiausiai tikėtiną veiklą pagal gautas tikimybes.

3.5.2.1.5. Modelių paketas

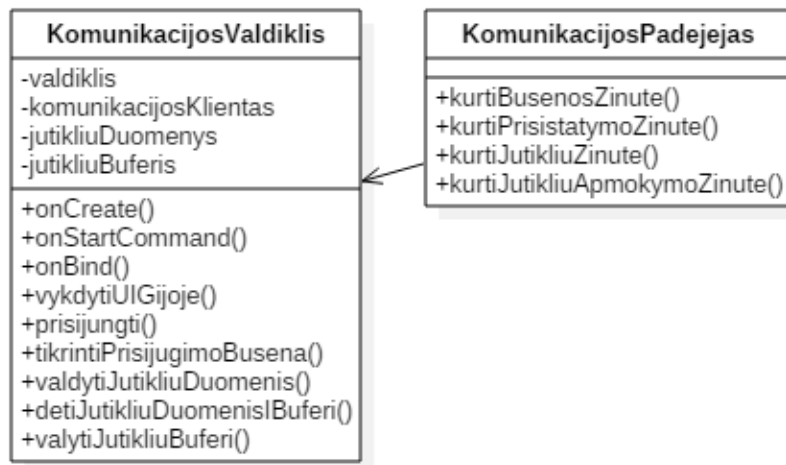


18 pav. Modelių paketo klasių diagrama

Paveiksle 18 pateiktas modelių paketas, kuris skirtas aprašyti prie sistemos galinčius prisijungti įrenginius. Klasė *Irenginys* aprašo išmaniuosius telefonus. Klasė *Panele* aprašo naršyklės klientus.

3.5.2.2. Mobilios aplikacijos paketų detalizavimas

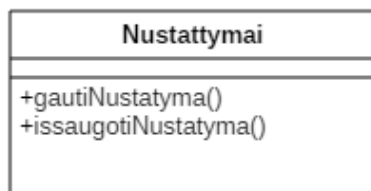
3.5.2.2.1. Komunikacijos paketas



19 pav. Komunikacijos paketo klasių diagrama

Paveiksle 19 pateiktas komunikacijos paketas, kuris skirtas komunikuoti su serveriu realizuojant „WebSocket“ komunikacijos protokolą. Klasė *KomunikacijosValdiklis* yra pagrindinė komunikacijos paketo klasė. Ši klasė valdo prisijungimą prie serverio, atsijungimą nuo serverio, žinučių perdavimą ir žinučių apdorojimą. Klasė *KomunikacijosPadejejas* skirta žinučių kūrimui JSON formatu.

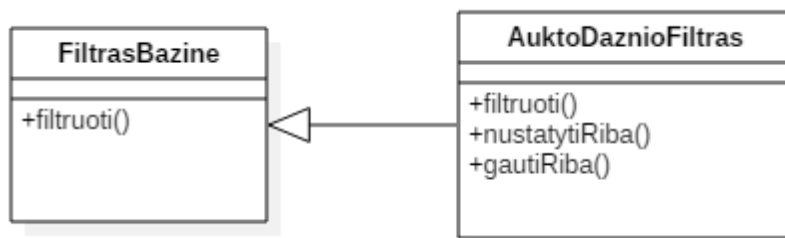
3.5.2.2.2. Nustatymų paketas



20 pav. Nustatymo paketo klasių diagrama

Paveiksle 20 pateiktas nustatymų paketas, kuris skirtas parametrų saugojimui, kurie reikalingi sistemos korektiškam veikimui. Klasė *Nustattymai* leidžia gauti ir išsaugoti reikalingus parametrus, pvz., nuorodos į serverį, identifikatoriai ir t.t.

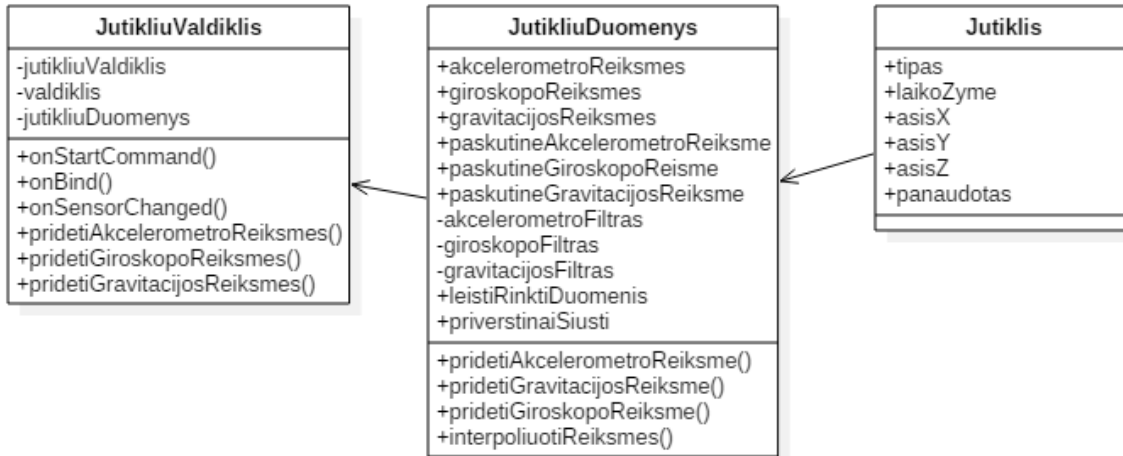
3.5.2.2.3. Filtravimo paketas



21 pav. Filtravimo paketo klasių diagrama

Paveiksle 21 pateiktas filtravimo paketas, kuris skirtas renkamų jutiklių signalų filtravimui. Klasė *FiltrasBazine* tai bazinė klasė, kurią naudoja filtrai. Klasė *AukštoDaznioFiltras* šioje klasėje realizuotas aukšto dažnio filtras, kuris skirtas triukšmo filtravimui jutiklių signaluose.

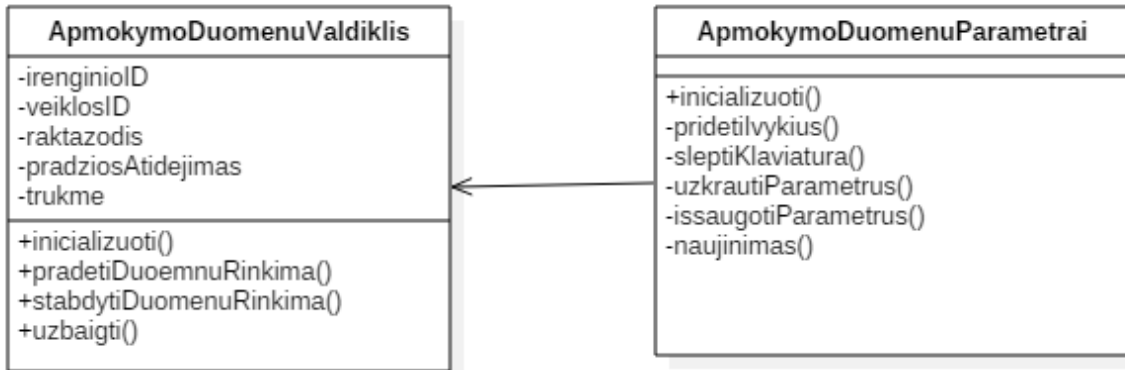
3.5.2.2.4. Jutiklių paketas



22 pav. Jutiklių paketo klasių diagrama

Paveiksle 22 pateiktas jutiklių paketas, kuris skirtas rinkti ir apdoroti jutiklių duomenis prieš išsiunčiant juos į serverį. Klasė *JutiklioValdiklis* tai pagrindinė paketo klasė, kuri skirta jutiklių reikšmių rinkimui. Ši klasė realizuota kaip gija. Klasė *JutiklioDuomenys* skirta jutiklių reikšmių trumpalaikiam saugojimui ir apdorojimui. Klasė *Jutiklis* aprašo jutiklio struktūrą.

3.5.2.2.5. Apmokymo duomenų rinkimo paketas



23 pav. Apmokymo duomenų rinkimo paketo klasių diagrama

Paveiksle 23 pateiktas apmokymo duomenų rinkimo paketas, kuris skirtas apmokymo duomenims rinkti. Klasė *ApmokymoDuomenuValdiklis* ši klasė valdo apmokymo duomenų rinkimą. Ši klasė realizuota kaip gija. Klasė *ApmokymoDuomenuParametrai* skirta įvesti papildomus apmokymui skirtus parametrus.

3.6 Naudojami trečiųjų šalių komponentai

Sistemos realizacijai buvo panaudoti šie trečiųjų šalių komponentai:

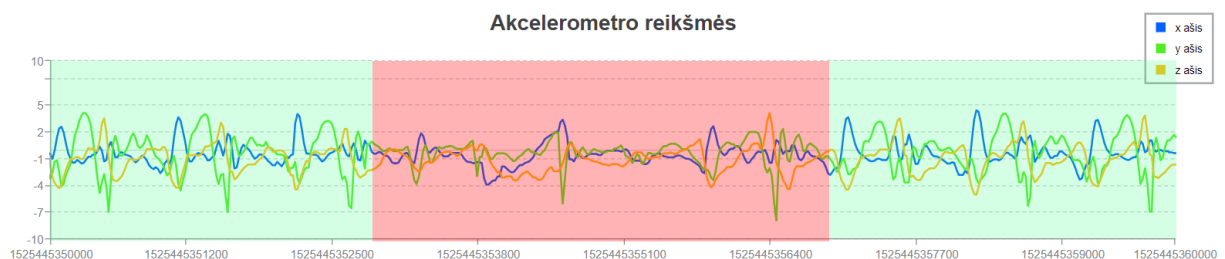
- DeepLearnin4j (<https://deeplearning4j.org/>) – tai giliojo mokymosi biblioteka skirta vykdyti žmogaus veiklos atpažinimą
- OpenBLAS (<https://www.openblas.net/>) – tai biblioteka leidžianti vykdyti skaičiavimus lygiagrečiai visuose pasiekiamuose centrinio procesoriaus branduoliuose
- Nd4j (<https://nd4j.org/>) – tai daugiadimensių masyvų biblioteka skirta perduoti jutiklių reikšmėms į giliojo mokymosi biblioteką
- WebSocket (<https://github.com/TooTallNate/Java-WebSocket>) – tai biblioteka realizuojanti „WebSocket“ komunikacijos protokolą. Ši biblioteka skirta komunikacijai tarp įrenginių.
- ZingChart (<https://www.zingchart.com/>) – tai grafikų braižymo biblioteka

4. ŽMOGAUS VEIKLOS ATPAŽINIMO TYRIMAS

4.1. Duomenų rinkimas ir apdorojimas

Žmogaus veiklos atpažinimui naudojami akcelerometro, giroskopo ir gravitacijos jutiklių x, y, z ašių signalai. Analizės metu buvo nustatyta, kad norinti atpažinti žmogaus veiklą signalų reikšmėse turi būti matomas pasikartojamumas, kuris leidžia nustatyti atliekamą veiklą. Surinkus kiekvienos veiklos jutiklių duomenis buvo išmatuota pasikartojimo intervalo trukmė. Didžiausia vieno pasikartojimo trukmė buvo užfiksuota atliekant lipimo laiptais aukštyn ir leidimosi laiptais žemyn veiklas, kur intervalo trukmė svyravo nuo 1,6 iki 1,9 sekundės. Todėl žmogaus veiklos atpažinimui buvo nuspręsta naudoti 2 sekundžių trukmės duomenų rinkinius. Taip pat renkamuose signalų reikšmėse svarbus duomenų rinkimo dažnis, kuris nusako kaip dažnai paimamos signalų reikšmės. Atliekant analizę buvo nustatyta, kad optimaliausia signalų reikšmes rinkti 50Hz dažniu, nes renkant didesniu dažniu papildomas detalumas nesuteikia daugiau informacijos apie atliekamą veiklą tik bereikalingai apkrauna įrenginį, o renkant mažesniu dažniu mažėja atpažinimo tikslumas. Be to, renkant duomenis tikrinama ar signalų reikšmės gaunamos tinkamu dažniu. Jei signalų reikšmės nukrypta daugiau nei 5 milisekundėmis nuo numatyto dažnio tuomet signalų reikšmės yra interpoliuojamos realiu laiku.

Kiekvienos veiklos duomenys buvo renkami nepertraukiamai, pvz., ėjimo į priekį metu subjektui nurodyta eiti tiesia linija į priekį priėjus patalpos galą apsisukti ir grįžti atgal be jokių sustojimų. Naudojant šį duomenų rinkimo metodą buvo siekiama surinkti duomenis, kurie labiausiai atitiktų natūraliai atliekamą veiklą. Iš surinktų duomenų rinkinių buvo iškerpamos sekos, kurių metu buvo vykdoma nurodyta veikla. Duomenų karpymo pavyzdys pateiktas 24 paveiksle. Pavyzdyje žaliuose blokuose esantys duomenys bus naudojami neuroninio tinko apmokymui ir veiklų klasifikavimui, nes šiuose blokuose galima išvelgti atliekamą veiklą, o raudoname bloke esantys duomenys nebus naudojami, nes jie nenusako jokios numatytos veiklos.



24 pav. Subjekto ėjimo į priekį metu surinktos akcelerometro reikšmės

4.2. Žmogaus veiklos atpažinimo modelio apmokymas

Žmogaus veiklos atpažinimui naudojamas LSTM, kur įėjimo reikšmės akcelerometro, giroskopo ir gravitacijos x, y, z ašių signalų sekos. Paruoštos signalų reikšmių sekos skaidomos į 2 sekundžių trukmės sekas. Tai atliekama nuo sekos pradžios paimant kiekvieno signalo 100 taškų sekas, kurios atitinka 2 sekundes, nes duomenys renkami 50Hz dažniu. Sekančios sekos paimamos žingsniais. Apmokymui naudojamų signalų reikšmių sekoms naudojamas 50 taškų žingsnis, o klasifikavimo sekoms naudojamas 10 taškų žingsnis. Modelio apmokymui naudojama 80 % surinktų duomenų, o likusiais 20 % tikrinamas modelio klasifikavimo tikslumas.

5. ŽMOGAUS VEIKLOS ATPAŽINIMO EKSPERIMENTINĖ DALIS

5.1. Žmogaus veiklos atpažinimas

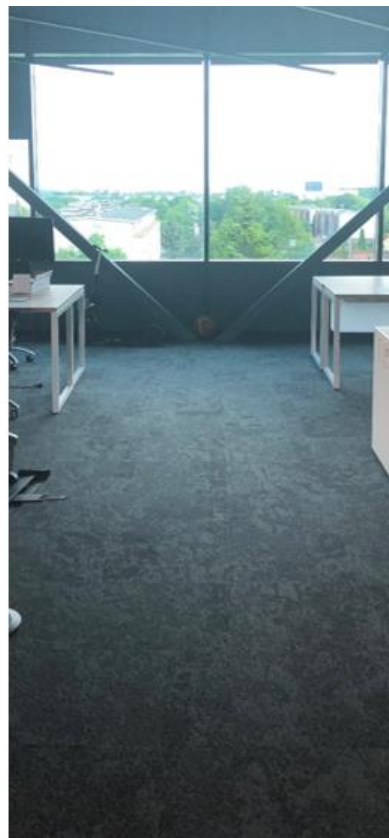
5.1.1. Tyrimo eiga

Eksperimentas buvo atliekamas su penkiais sveikais asmenimis, kurių amžius nuo 25 – 30 metų. Atliekant veiklas subjektai išmanųjį telefoną laikė kelnių kišenėje. Eksperimentas buvo atliekamas patalpose pateiktose paveiksluose 25 ir 26, kur subjektai turėjo šias veiklas:

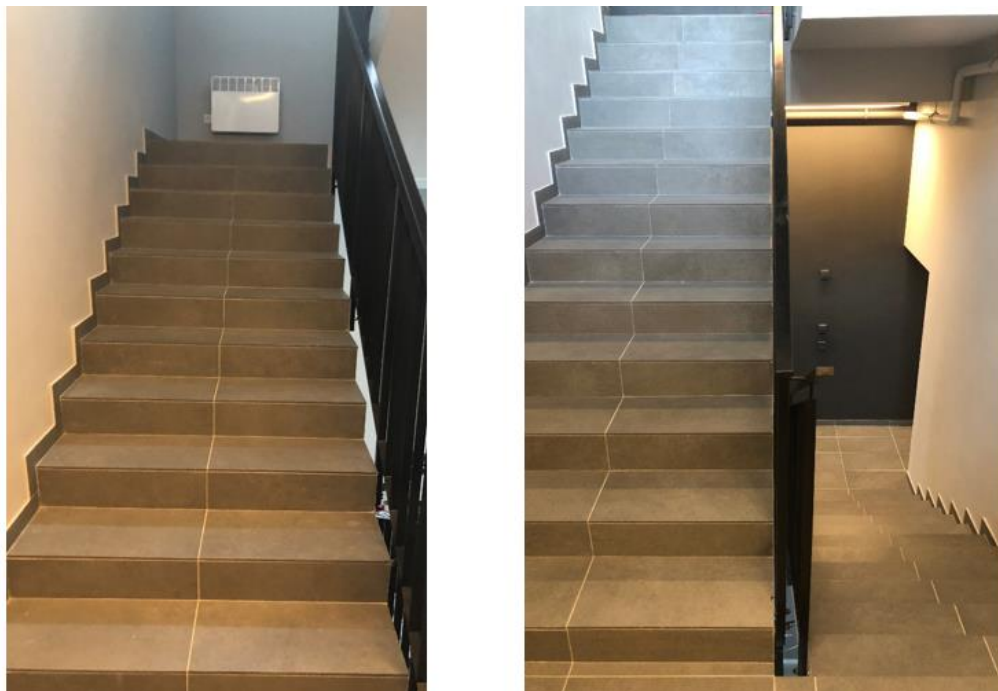
- Stovėti – atliekant šią veiklą subjektas stovėjo vienoje vietoje 30 sekundžių. Veikla buvo atliekama tris kartus.
- Sėdėti – atliekant šią veiklą subjektas sėdėjo ant kėdės 30 sekundžių. Veikla buvo atliekama tris kartus.
- Eiti į priekį – ši veikla buvo atlikta patalpoje, kuri pateikta 25 paveiksle. Subjektas atsistoja patalpos pradžioje, gavus komandą pradedamas ėjimas į priekį. Einama į priekį, kol pasiekama patalpos pabaiga. Pasiėkus patalpos pabaigą subjektas apsisuka nesustodamas ir grįžta atgal. Veikla buvo atliekama tris kartus. Ėjimo atstumas 10 metrų.
- Eiti atbulomis – ši veikla buvo atlikta patalpoje, kuri pateikta 25 paveiksle. Subjektas atsistoja patalpos pradžioje, gavus komandą pradedamas ėjimas atbulomis. Einama atbulomis, kol pasiekama patalpos pabaiga. Pasiėkus patalpos pabaigą subjektas apsisuka nesustodamas ir grįžta atgal. Veikla buvo atliekama tris kartus. Ėjimo atstumas 10 metrų.

- Lipti laiptais aukštyn – ši veikla buvo atlikta patalpoje, kuri pateikta 26 paveiksle. Subjektas atsistoja šalia laiptų, gavus komandą pradeda lipti aukštyn. Užlipus puse aukšto subjektas nesustodamas prieina sekančius laiptus ir tęsia lipimą aukštyn kol užlipama per vieną aukštą. Veikla buvo atliekama 3 kartus.
- Leistis laiptais žemyn – ši veikla buvo atlikta patalpoje, kuri pateikta 26 paveiksle. Subjektas atsistoja šalia laiptų, gavus komandą pradeda leistis žemyn. Nusileidus puse aukšto subjektas nesustodamas prieina sekančius laiptus ir tęsia leidimąsi žemyn kol nusileidžiama per vieną aukštą. Veikla buvo atliekama 3 kartus.

Atliekant kiekvieną veiklą bus stebima, kokią veiklą nustatys sukurtas modelis. Kiekvienas bandymas sudarytas bandant klasifikuoti veiklą penkis kartus. Iš gautų rezultatų apskaičiuojamas vidutinis vieno bandymo tikslumas.



25pav. Eksperimento patalpa



26 pav. Eksperimento patalpa

5.1.2. Tyrimo rezultatai

4, 5, 6, 7, 8 lentelėse pateikti kiekvieno eksperimento dalyvio veiklos atpažinimo tikslumai.

4 lentelė Pirmojo subjekto eksperimento rezultatai

| Bandymo nr. / Veikla | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Bendras tikslumas |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| Stovėjimas | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| Sėdėjimas | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| Ėjimas į priekį | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| Ėjimas atgal | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| Leidimasis laiptais žemyn | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| Lipimas laiptais aukštyn | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| Bendras tikslumas | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |

5 lentelė Antrojo subjekto eksperimento rezultatai

| Bandymo nr. / Veikla | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Bendras tikslumas |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------------|
| Stovėjimas | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| Sėdėjimas | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| Ėjimas į priekį | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| Ėjimas atgal | 100 % | 100 % | 100 % | 80 % | 100 % | 96 % |
| Leidimasis laiptais žemyn | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| Lipimas laiptais aukštyn | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| Bendras tikslumas | 100 % | 100 % | 100 % | 97 % | 100 % | 99 % |

6 lentelė Trečiojo subjekto eksperimento rezultatai

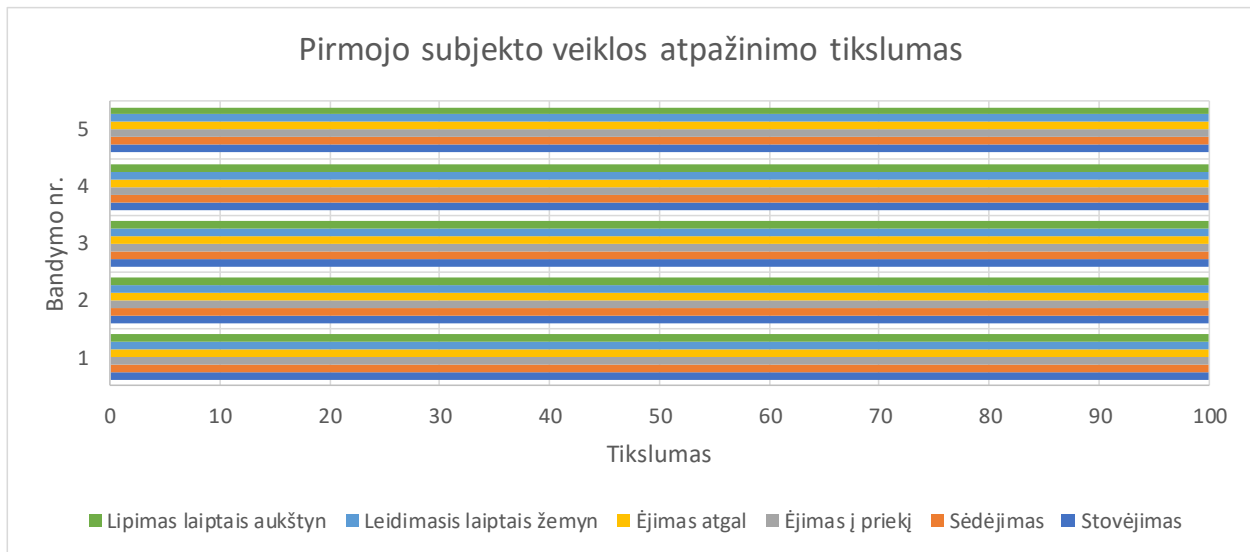
| Bandymo nr. / Veikla | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Bendras tikslumas |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|
| Stovėjimas | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| Sėdėjimas | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| Ėjimas į priekį | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| Ėjimas atgal | 100 % | 80 % | 100 % | 80 % | 80 % | 88 % |
| Leidimasis laiptais žemyn | 80 % | 80 % | 100 % | 80 % | 100 % | 88 % |
| Lipimas laiptais aukštyn | 80 % | 100 % | 80 % | 80 % | 100 % | 88 % |
| Bendras tikslumas | 94 % | 94 % | 97 % | 90 % | 94 % | 94 % |

7 lentelė Ketvirtojo subjekto eksperimento rezultatai

| Bandymo nr. / Veikla | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Bendras tikslumas |
|---------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|
| Stovėjimas | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| Sėdėjimas | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| Ėjimas į priekį | 100 % | 100 % | 100 % | 80 % | 100 % | 96 % |
| Ėjimas atgal | 100 % | 100 % | 100 % | 80 % | 100 % | 96 % |
| Leidimasis laiptais žemyn | 100 % | 100 % | 80 % | 80 % | 80 % | 92 % |
| Lipimas laiptais aukštyn | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| Bendras tikslumas | 100 % | 100 % | 97 % | 90 % | 97 % | 97 % |

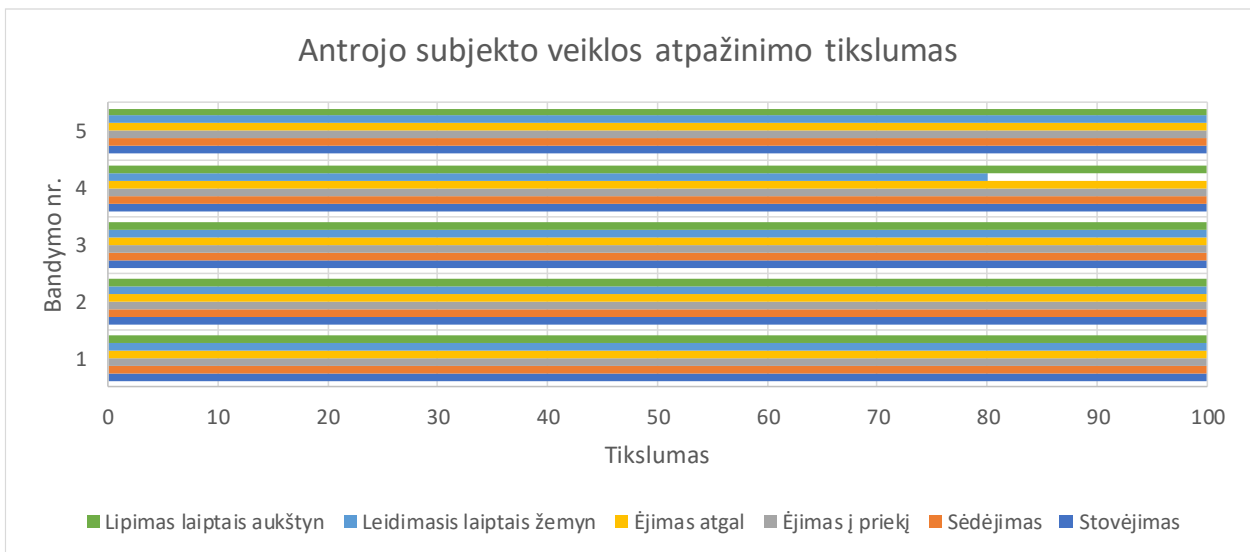
8 lentelė Penktojo subjekto eksperimento rezultatai.

| Bandymo nr. \ Veikla | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Bendras tikslumas |
|---------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------------|
| Stovėjimas | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| Sėdėjimas | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| Ėjimas į priekį | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| Ėjimas atgal | 100 % | 100 % | 80 % | 100 % | 100 % | 96 % |
| Leidimasis laiptais žemyn | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % | 100 % |
| Lipimas laiptais aukštyn | 100 % | 100 % | 100 % | 80 % | 100 % | 96 % |
| Bendras tikslumas | 100 % | 100 % | 97 % | 97 % | 100 % | 99 % |



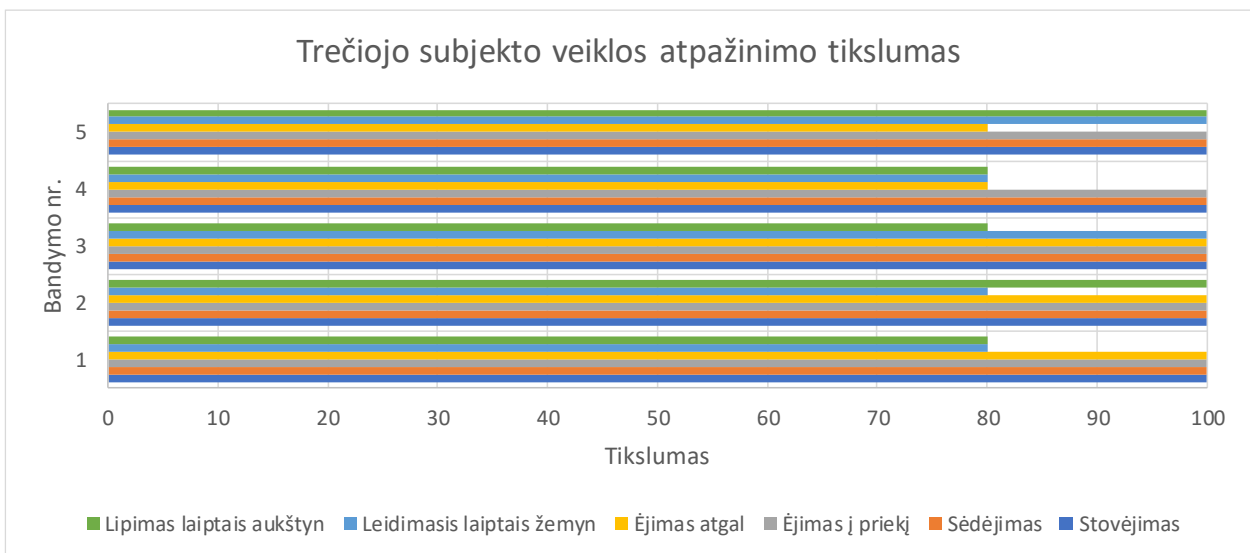
27 pav. Pirmojo subjekto veiklos atpažinimo tikslumas

27 paveiksle pateikiamas pirmojo subjekto veiklos atpažinimo tikslumas kiekvieno bandymo metu. Grafike pateiktas kiekvienos veiklos tikslumas atliekant bandymus. Matome, kad pirmojo subjekto veiklos atpažinimo tikslumas buvo didžiausias. Visos veiklos buvo atpažintos 100 % tikslumu.



28 pav. Antrojo subjekto veiklos atpažinimo tikslumas

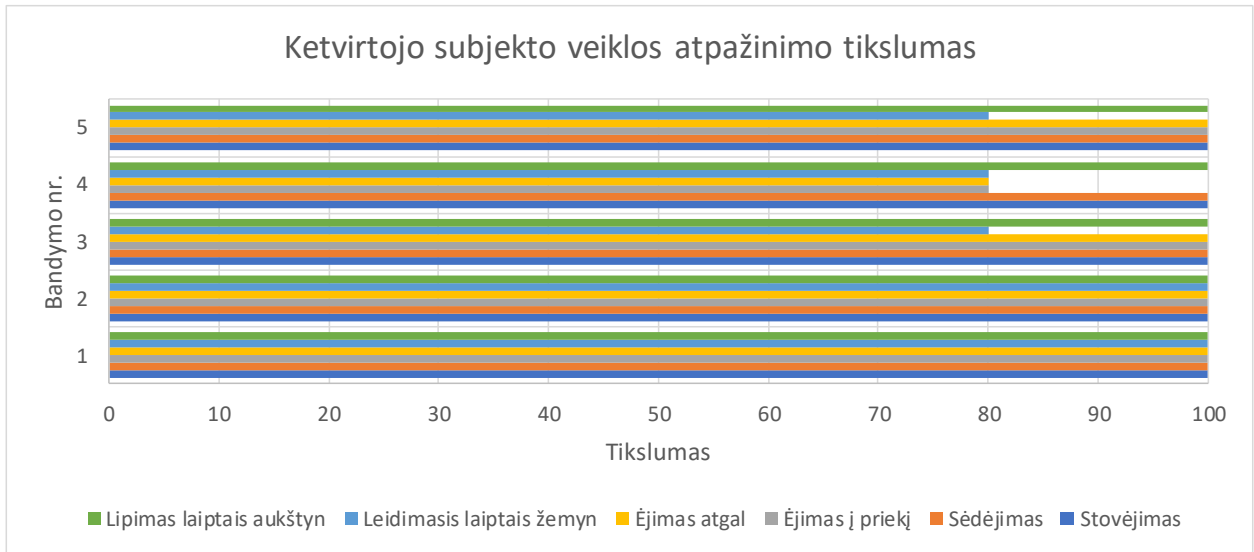
28 paveiksle pateikiamas antrojo subjekto veiklos atpažinimo tikslumas kiekvieno bandymo metu. Grafike pateiktas kiekvienos veiklos tikslumas atliekant bandymus. Matome, kad antrajam subjektui bandymu metu sekėsi panašiai kaip pirmajam subjektui. Išskyrus atliekant lipo laiptais aukštyn veiklą viena kartą nebuvo klasifikuota teisingai. Bendras subjekto atpažinimo tikslumas 99 %.



29 pav. Trečiojo subjekto veiklos atpažinimo tikslumas

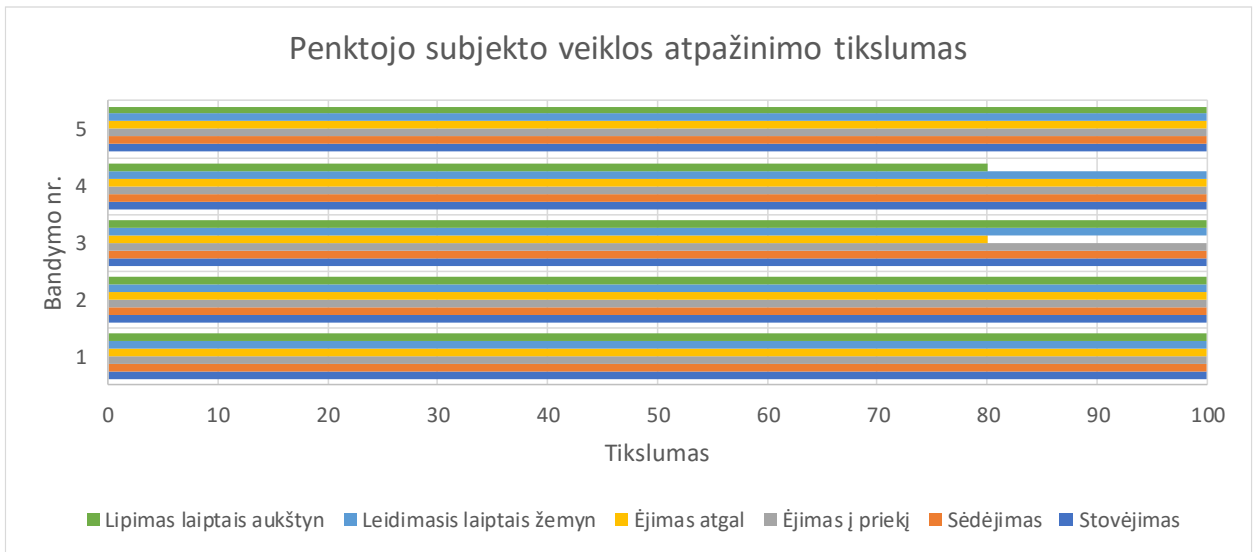
29 paveiksle pateikiamas trečiojo subjekto veiklos atpažinimo tikslumas kiekvieno bandymo metu. Grafike pateiktas kiekvienos veiklos tikslumas atliekant bandymus. Matome, kad trečiojo subjekto

geriausiai buvo nustatytos stovėjimo, sėdėjimo ir ėjimo į priekį veiklos. Tačiau bandant atpažinti lipimo laiptais aukštyn, leidimosi laiptais žemyn ir ėjimo atgal veiklas atpažinimo tikslumas buvo mažesnis. Bendras subjekto tikslumas 94 %.



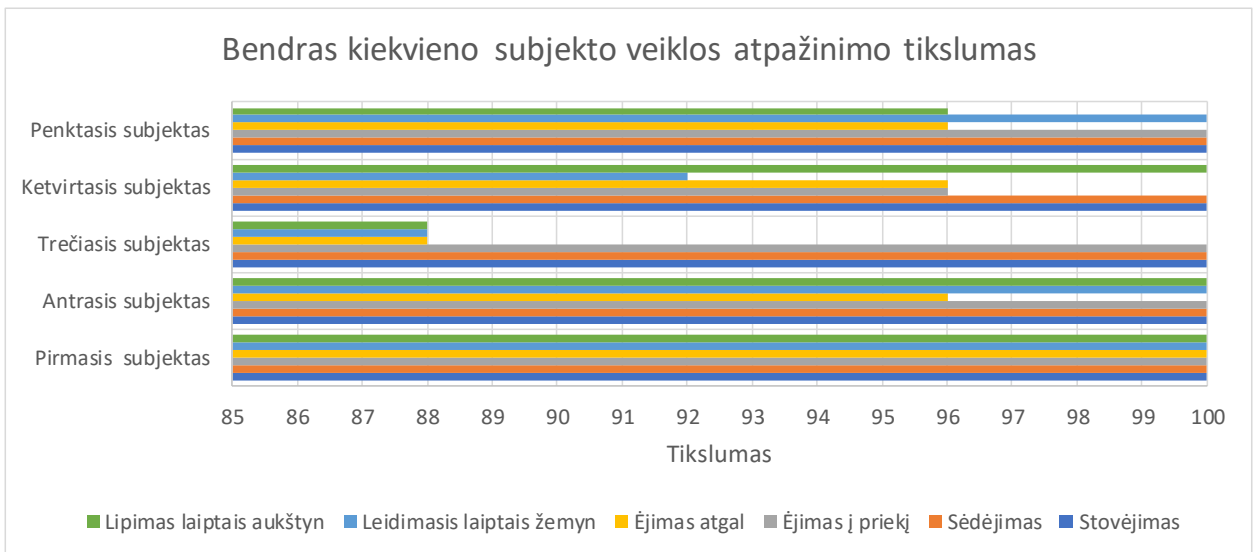
30 pav. Ketvirtojo subjekto veiklos atpažinimo tikslumas

30 paveiksle pateikiamas ketvirtojo subjekto veiklos atpažinimo tikslumas kiekvieno bandymo metu. Grafike pateiktas kiekvienos veiklos tikslumas atliekant bandymus. Šio subjekto duomenys nebuvo naudojami apmokymui. Matome, kad ketvirtojo subjekto geriausiai buvo atpažintos sėdėjimo, stovėjimo ir leidimosi laiptais žemyn veiklos. Mažesniu tikslumu buvo atpažintos ėjimo į priekį ir ėjimo atgal veiklos ir leidimosi laiptais žemyn buvo atpažinta prasčiausiai iš visų subjektų. Bendras subjekto atliekamų veiklų atpažinimo tikslumas 97 %.



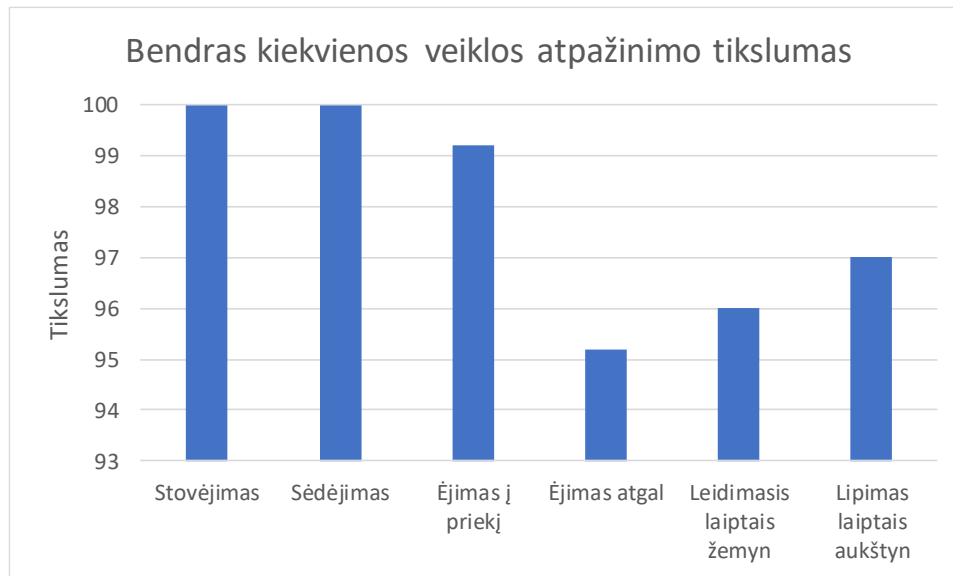
31 pav. Penktojo subjekto veiklos atpažinimo tikslumas

31 paveiksle pateikiamas penktojo subjekto veiklos atpažinimo tikslumas kiekvieno bandymo metu. Grafike pateiktas kiekvienos veiklos tikslumas atliekant bandymus. Šio subjekto duomenys nebuvo naudojami apmokymui. Matome, kad šio subjekto atliekamos veiklos buvo atpažintos dideliu tikslumu. Išskyrus po vieną kartą atliekant lipimo laiptais aukštyn ir ėjimo atgal veiklas nebuvo atpažintos teisingai. Bendras subjekto tikslumas 99 %.



32 pav. Bendras kiekvieno subjekto veiklos atpažinimo tikslumas

32 paveiksle pateikiamas bendras subjektų atliekamų veiklų atpažinimo tikslumas. Grafike pateiktas kiekvienos subjekto atliekamos veiklos bendras tikslumas. Matome, kad tiksliausiai buvo atpažintos pirmojo subjekto atliekamos veiklos. O prasčiausiai buvo atpažintos trečiojo subjekto atliekamos veiklos. Ketvirtojo ir penktojo subjektų duomenys nebuvo naudojami modelio apmokymui, norint patikrinti ar modelis sugebės atpažinti veiklas iš tų subjektų, kurias modelis nebuvo apmokomas. Šių subjektų veiklos atpažinimo tikslumas buvo panašus į tų subjektų, kurias modelis buvo apmokomas.



33 pav. Bendras kiekvienos veiklos atpažinimo tikslumas

33 paveiksle pateikiamas bendras kiekvienos veiklos atpažinimo tikslumas. Grafike pateiktas kiekvienos veiklos bendras tikslumas. Matome, kad tiksliausiai buvo atpažintos stovėjimo ir sėdėjimo veiklos. Šių veiklų aukšta tikslumą gali lemti, tai jog šios veiklos atliekamos stacionarioje vietoje. Prasčiausiai buvo atpažinta ėjimo atgal veikla, kurios tikslumas siekia 95,2 %. Didesniu tikslumu pasižymėjo lipimo laiptais aukštyn ir leidimosi laiptais žemyn veiklos, kurių tikslumas siekia atitinkamai 96 % ir 97 %. Geriausiai iš ne stacionarių veiklų buvo atpažinta ėjimo į priekį veikla, kurios bendras tikslumas siekia 99,2 %. Bendras žmogaus veiklos atpažinimo modelio tikslumas 97,8 %.

5.2 Žmogaus tapatybės nustatymas

5.2.1 Tyrimo eiga

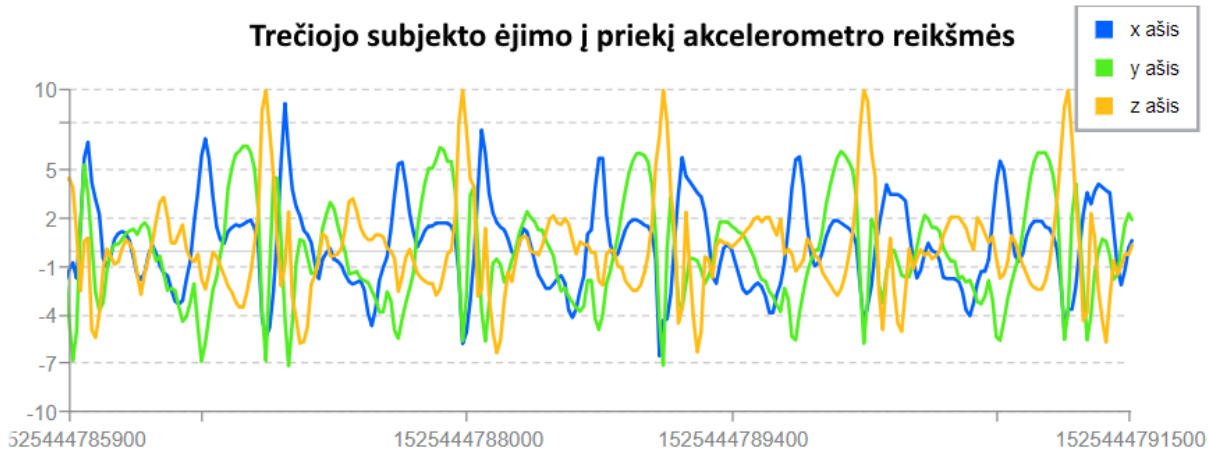
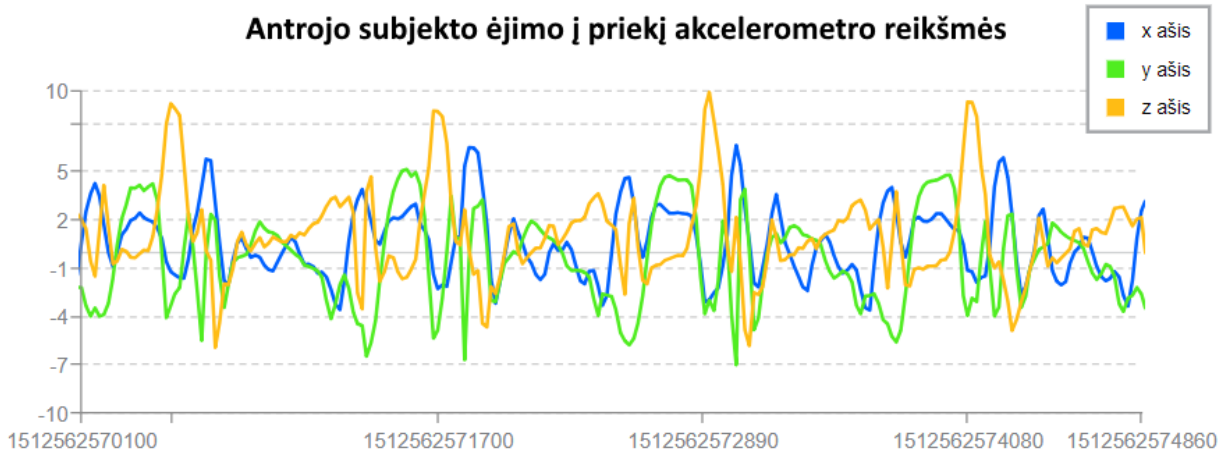
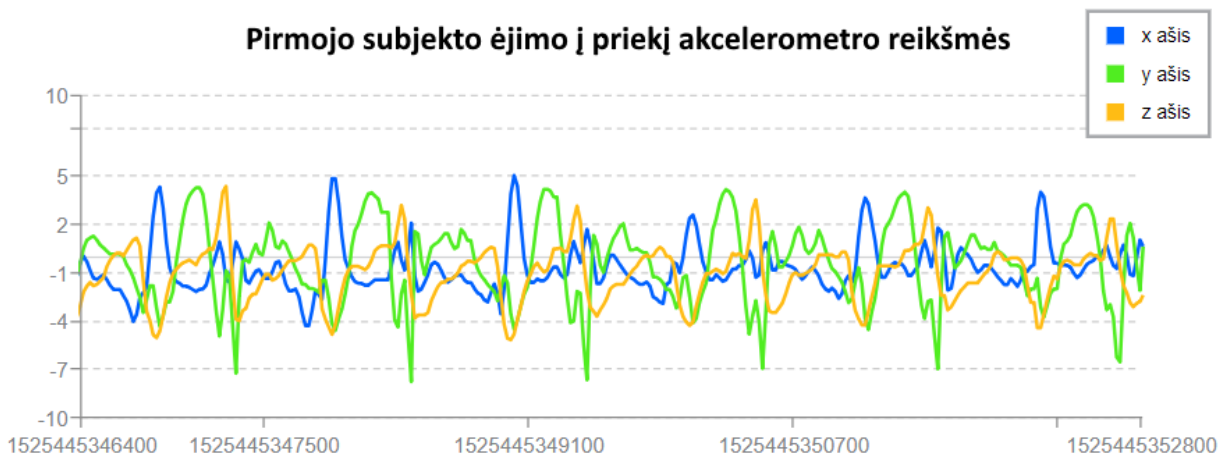
Analizuojant surinktus duomenis iš skirtingų subjektų buvo pastebėta, kad atliekant ėjimo į priekį veiklą kiekvieno subjekto akcelerometro signalų reikšmių sekos skyrėsi (34 pav.). Subjektų ėjimo į priekį metu surinktų akcelerometro signalų reikšmių palyginimas pateiktas lentelėje 9. Nustačius, kad kiekvieno subjekto ėjimo į priekį metu surinktų akcelerometro signalų reikšmių statistinės charakteristikos yra skirtingos buvo nuspręsta atlikti eksperimentą, kurio metu siekiama nustatyti ar įmanoma klasifikuoti skirtingus subjektus atliekančius ėjimo į priekį veiklą.

Šio eksperimento metu bus tirama ar įmanoma nustatyti tapatybę atliekant ėjimo į priekį veiklą. Eksperimentas buvo atliekamas su penkiais sveikais asmenimis, kurių amžius nuo 25 – 30 metų. Eksperimentui atlikti buvo naudojami žmogaus veiklos atpažinimo eksperimento metu surinkti duomenys.

Kadangi nėra aišku kokio dydžio duomenų rinkinius reiktų naudoti, todėl eksperimento metu bus bandoma nustatyti kiek minimaliai reikia kiekvieno jutiklio signalo taškų norint tiksliai nustatyti veiklą atliekančio subjekto tapatybę.

9 lentelė Trijų subjektų ėjimo į priekį metu surinktų akcelerometro signalų reikšmių palyginimas

| Subjektas | Statistinės charakteristikos | Akcelerometro signalų reikšmės, m/s ² | | |
|-----------|------------------------------|--|---------|---------|
| | | x | y | z |
| 1 | Vidutinė reikšmė | 0,3089 | -0,5006 | -1,3289 |
| | Minimali reikšmė | -4,6215 | -7,2447 | -8,7044 |
| | Maksimali reikšmė | 5,9605 | 4,8912 | 7,3674 |
| 2 | Vidutinė reikšmė | -0,00785 | -0,3446 | -0,7503 |
| | Minimali reikšmė | -4,2632 | -7,8623 | -6,0757 |
| | Maksimali reikšmė | 5,3401 | 5,854 | 7,939 |
| 3 | Vidutinė reikšmė | 0,4525 | -0,0295 | 1,2127 |
| | Minimali reikšmė | -6,951 | -7,4825 | -7,5485 |
| | Maksimali reikšmė | 9,5234 | 6,7462 | 10 |



34 pav. Subjektų ėjimo į priekį metu surinktos akcelerometro reikšmės

5.2.2 Tyrimo rezultatai

10, 11, 12, 13 lentelėse pateikiami eksperimento rezultatai naudojant skirtingo dydžio duomenų rinkinius.

10 lentelė Tapatybės nustatymo eksperimento rezultatai naudojant 4 sekundžių (200 taškų) trukmės duomenų rinkinius

| | | Modelio klasifikuojamas subjektas | | | | |
|---------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | Subjektas 1 | Subjektas 2 | Subjektas 3 | Subjektas 4 | Subjektas 5 |
| Subjektas, kuris atlieka veiklą | Subjektas 1 | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Subjektas 2 | 0 | 81 | 0 | 0 | 0 |
| | Subjektas 3 | 0 | 0 | 41 | 0 | 0 |
| | Subjektas 4 | 0 | 0 | 0 | 34 | 0 |
| | Subjektas 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 53 |

11 lentelė Tapatybės nustatymo eksperimento rezultatai naudojant 3 sekundžių (150 taškų) trukmės duomenų rinkinius

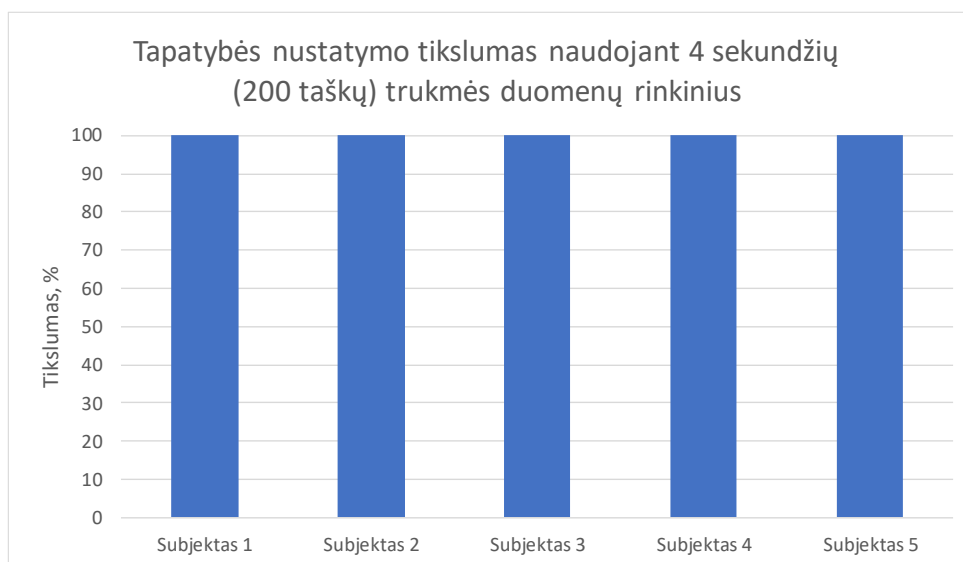
| | | Modelio klasifikuojamas subjektas | | | | |
|---------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | Subjektas 1 | Subjektas 2 | Subjektas 3 | Subjektas 4 | Subjektas 5 |
| Subjektas, kuris atlieka veiklą | Subjektas 1 | 62 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Subjektas 2 | 1 | 51 | 0 | 0 | 0 |
| | Subjektas 3 | 0 | 0 | 33 | 1 | 0 |
| | Subjektas 4 | 0 | 0 | 0 | 31 | 0 |
| | Subjektas 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 39 |

12 lentelė Tapatybės nustatymo eksperimento rezultatai naudojant 2 sekundžių (100 taškų) trukmės duomenų rinkinius

| | | Modelio klasifikuojamas subjektas | | | | |
|---------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | Subjektas 1 | Subjektas 2 | Subjektas 3 | Subjektas 4 | Subjektas 5 |
| Subjektas, kuris atlieka veiklą | Subjektas 1 | 74 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| | Subjektas 2 | 1 | 62 | 0 | 1 | 0 |
| | Subjektas 3 | 0 | 0 | 48 | 1 | 0 |
| | Subjektas 4 | 1 | 0 | 2 | 41 | 0 |
| | Subjektas 5 | 0 | 1 | 2 | 1 | 49 |

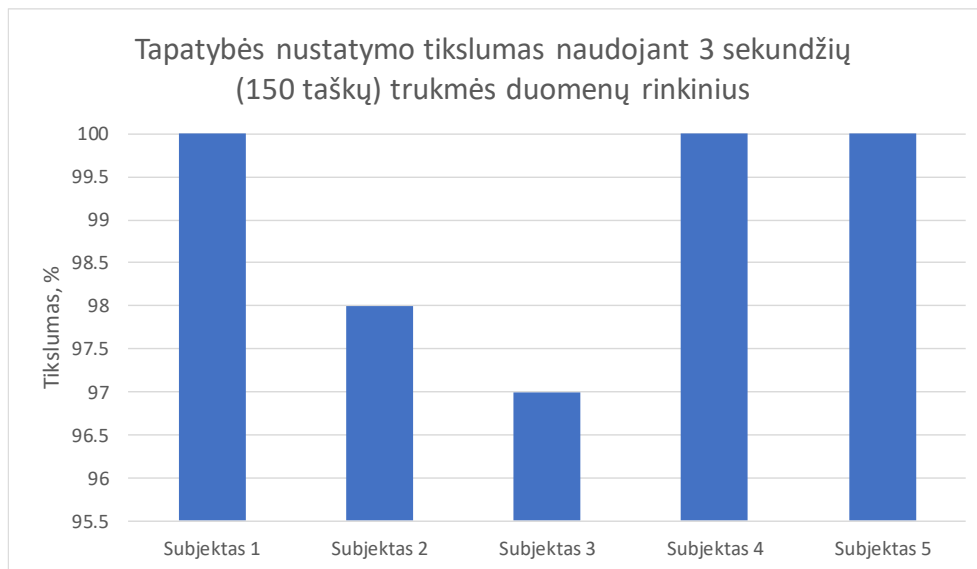
13 lentelė. Tapatybės nustatymo eksperimento rezultatai naudojant 1 sekundės (50 taškų) trukmės duomenų rinkinius

| | | Modelio klasifikuojamas subjektas | | | | |
|---------------------------------|-------------|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | Subjektas 1 | Subjektas 2 | Subjektas 3 | Subjektas 4 | Subjektas 5 |
| Subjektas, kuris atlieka veiklą | Subjektas 1 | 16 | 23 | 33 | 24 | 6 |
| | Subjektas 2 | 8 | 18 | 39 | 18 | 12 |
| | Subjektas 3 | 12 | 14 | 27 | 15 | 18 |
| | Subjektas 4 | 14 | 18 | 28 | 16 | 5 |
| | Subjektas 5 | 19 | 15 | 18 | 14 | 12 |



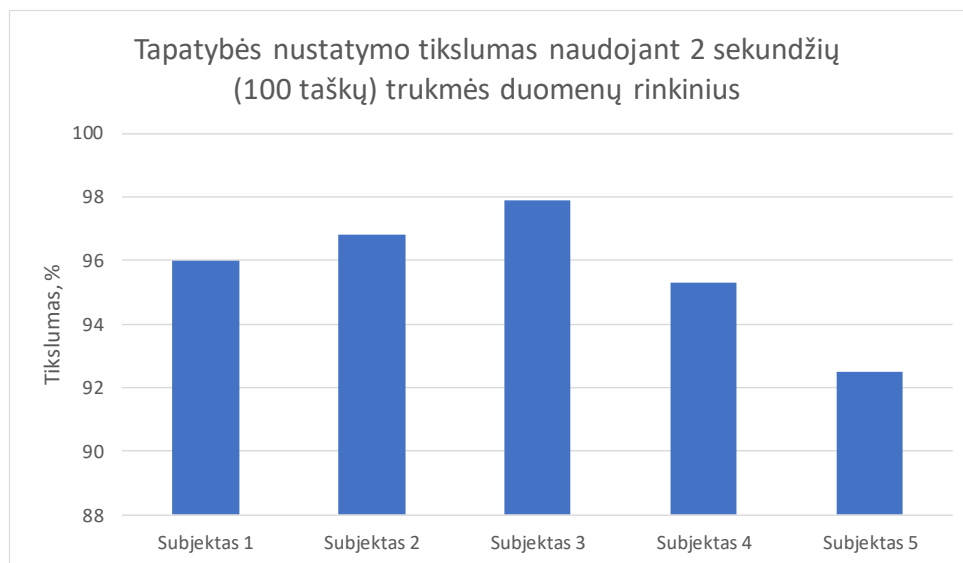
35 pav. Tapatybės nustatymo tikslumas naudojant 4 sekundžių (200 taškų) trukmės duomenų rinkinius

35 paveiksle pateikiamas tapatybės atpažinimo tikslumas atliekant ėjimo į priekį veiklą, naudojant 4 sekundžių (200 taškų) kiekvieno signalo reikšmių sekas. Šio bandymo metu kiekvieno subjekto tapatybės atpažinimo tikslumas siekia 100 %. Naudojant 4 sekundžių trukmės signalų sekas buvo pasiektas didžiausias tapatybės atpažinimo tikslumas atliekant ėjimo į priekį veiklą.



36 pav. Tapatybės nustatymo tikslumas naudojant 3 sekundžių (150 taškų) trukmės duomenų rinkinius

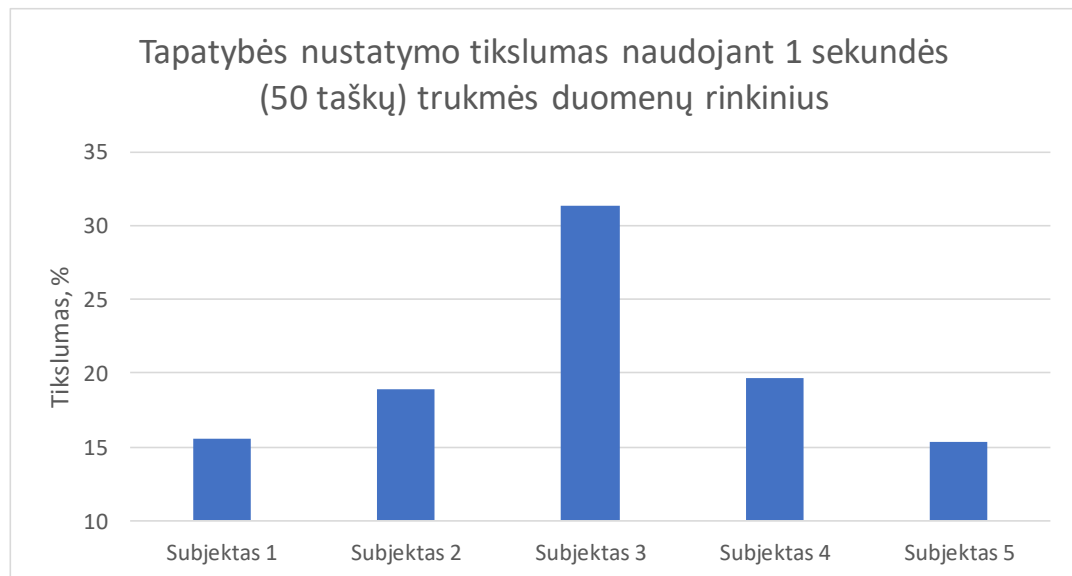
36 paveiksle pateikiamas tapatybės atpažinimo tikslumas atliekant ėjimo į priekį veiklą, naudojant 3 sekundžių (150 taškų) kiekvieno signalo reikšmių sekas. Prasčiausiai sekėsi identifikuoti trečiąjį ir antrąjį subjektus, kurių atpažinimo tikslumas atitinkamai siekia 98 % ir 97 %. Likusių trijų subjektų atpažinimo tikslumas siekia 100 %.



37 pav. Tapatybės nustatymo tikslumas naudojant 2 sekundžių (100 taškų) trukmės duomenų rinkinius

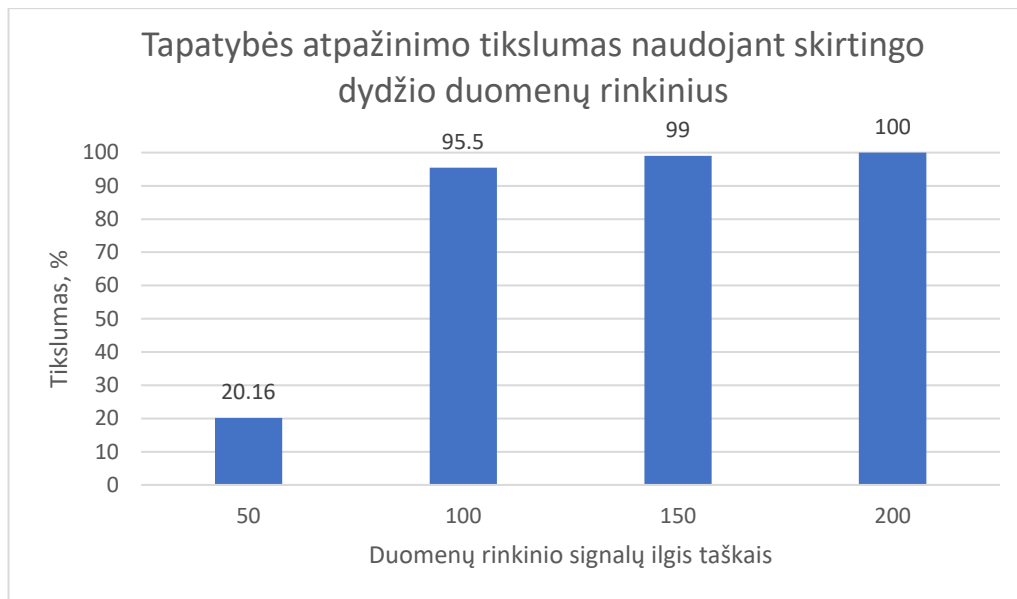
37 paveiksle pateikiamas tapatybės atpažinimo tikslumas atliekant ėjimo į priekį veiklą, naudojant 2 sekundžių (100 taškų) kiekvieno signalo reikšmių sekas. Naudojant 2 sekundžių trukmės kiekvieno

signalo sekas, buvo pasiektas 95.5 % tapatybės atpažinimo tikslumas. Šio bandymo metu prasčiausiai buvo identifikuotas penktasis subjektas, kurio tapatybės atpažinimo tikslumas siekia 92.3 %. Tiksliausiai buvo atpažintas trečiasis subjektas, kurio tapatybės atpažinimo tikslumas siekia 97.9 %.



38 pav. Tapatybės nustatymo tikslumas naudojant 2 sekundžių (100 taškų) trukmės duomenų rinkinius

38 paveiksle pateikiamas tapatybės atpažinimo tikslumas atliekant ėjimo į priekį veiklą, naudojant 1 sekundės (50 taškų) kiekvieno signalo reikšmių sekas. Naudojant 1 sekundės trukmės signalų sekas, buvo gautas prasčiausias tapatybės atpažinimo tikslumas atliekant ėjimo į priekį veiklą lyginat su aukščiau pateiktais bandymais. Šio bandymo metu tiksliausiai buvo identifikuotas trečiasis subjektas, kurio atpažinimo tikslumas siekia 31.3 %, likusių keturių subjektų atpažinimo tikslumas neviršijo 20 %.



39 pav. Tapatybės nustatymo tikslumas naudojant skirtingo dydžio duomenų rinkinius

39 paveiksle pateikiamas tapatybės atpažinimo tikslumas atliekant ėjimo į priekį veiklą, kur tapatybės atpažinimui naudojami skirtingo ilgio signalų sekos. Grafike matome, kad didžiausias tapatybės atpažinimo tikslumas buvo pasiektas naudojant ilgiausias signalo sekas ir mažiausias tapatybės atpažinimo tikslumas buvo pasiektas naudojant trumpiausiais signalų sekas. Iš grafike pateiktų rezultatų galime teigti, jog tapatybės atpažinimo tikslumas tiesiogiai priklauso nuo signalų ilgio.

Atlikus eksperimentą nustatyta, kad galima identifikuoti tapatybę tarp skirtingų subjektų atliekančių ėjimo į priekį veiklą didesniu nei 95 % tikslumu. Be to, nustatyta, kad atliekant ėjimo į priekį veiklą tapatybę gali būti identifikuota surinkus 2 ir daugiau sekundžių trukmės duomenis.

6. IŠVADOS

Šiame darbe buvo:

1. Išanalizuota žmogaus veiklos atpažinimo sritis. Apžvelgti jutikliai, kurie gali būti panaudoti atpažįstant žmogaus veiklą, taikomi metodai bei egzistuojančios sistemos.
2. Suprojektuota ir realizuota realiu laiku veikianti žmogaus veiklos atpažinimo sistema, kurios pagalba galima rinkti išmaniojo telefono jutiklių duomenis. Taip pat klasifikuoti veiklas naudojant LSTM.
3. Atliktas žmogaus veiklos nustatymo eksperimentas taikant pasiūlytą metodą.
4. Atliktas žmogaus tapatybės nustatymo eksperimentas taikant pasiūlytą metodą.

Atlikus eksperimentus galima teigti, kad:

1. LSTM yra pakankamai tikslus metodas žmogaus atliekamų veiklų klasifikavimui. Bendras penkių eksperimento dalyvių veiklos atpažinimo tikslumas siekia 97,8 %.
2. Iš 31 pav. matome, kad tiksliausiai buvo klasifikuojamos stovėjimo ir sėdėjimo veiklos, kurios buvo atpažintos be jokių klaidų, o prasčiausiai atpažinta ėjimo atbulomis veikla, kurios tikslumas siekia 95,2 %.
3. LSTM gali būti pritaikytas žmogaus tapatybės atpažinimui atliekant ėjimo į priekį veiklą. Eksperimento metu buvo pasiektas didesnis nei 95 % tapatybės nustatymo tikslumas tarp penkių subjektų.
4. Nustatyta, kad norint atpažinti žmogaus tapatybę atliekant ėjimo į priekį veiklą reikia surinkti bent 2 sekundžių trukmės duomenis. Be to, pastebėta, kad tapatybės atpažinimo tikslumas tiesiogiai koreliuoja su ėjimo signalo reikšmių kiekiu.
5. Eksperimentai buvo atlikti su penkiais subjektais. Todėl tikėtina, kad su didesne subjektų aibe, atpažinimo tikslumas būtų mažesnis.
6. Įvertinus aukščiau pateiktus punktus galima teigti, kad žmogaus veiklos atpažinimas naudojant LSTM yra pakankamai tikslus metodas norint atpažinti žmogaus veiklą ir tapatybę, ir vertas dėmesio atliekant tolimesnius tyrimus.

LITERATŪRA.

- [1] *Number of smartphone users worldwide from 2014 to 2020*. [žiūrēta 2018-04-14]. Prieiga per: <https://www.statista.com/statistics/330695/number-of-smartphone-users-worldwide/>
- [2] *Always Connected, How Smartphones And Social Keep Us Engaged*, An IDC Research Report, Sponsored By Facebook [žiūrēta 2014-04-15]. Prieiga per: <https://www.nu.nl/files/IDC-Facebook%20Always%20Connected%20%281%29.pdf>
- [3] AVCI Akin, BOSCH Stephan, MARIN-PERIANU Mihai, MARIN-PERIANU Raluca, HAVINGA Paul. Activity Recognition Using Inertial Sensing for Healthcare, Wellbeing and Sports Applications: A Survey.
- [4] SU Xing, TONG Hanghang, JI Ping. Activity Recognition with Smartphone Sensors. *Tsinghua science and technology*, Volume 19, Number 3, 2014.
- [5] GALÁN-MERCANT Alejandro, CUESTA-VARGAS I. Antonio. Differences in Trunk Kinematic between Frail and Nonfrail Elderly Persons during Turn Transition Based on a Smartphone Inertial Sensor. *Hindawi Publishing Corporation, BioMed Research International* Volume, 2013.
- [6] ANGUITA Davide, GHIO Alessandro, ONETO Luca, PARRA Xavier, and REYES-ORTIZ Jorge. Human Activity Recognition on Smartphones using a Multiclass Hardware-Friendly Support Vector Machine
- [7] JURAFSKY Daniel, MARTIN H. James. *Speech and Language Processing*, 2017. Prieiga per: <https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/ed3book.pdf>
- [8] REYNOLDS Douglas. Gaussian Mixture Models. *MIT Lincoln Laboratory*.
- [9] CHETTYA Girija, WHITEB Matthew, AKTHERA Farnaz. Smart Phone Based Data Mining For Human Activity Recognition, *Procedia Computer Science*, 2015.
- [10] GERS A. Felix, SCHMIDHUBER Jurgen, CUMMINS Fred. Learning to Forget: Continual Prediction with LSTM. *Technical Report*, 1999 .
- [11] GERS A. Felix, SCHRAUDOLPH N. Nicol, SCHMIDHUBER Jurgen. Learning Precise Timing with LSTM Recurrent Networks. *Journal of Machine Learning Research* 3, 2002.
- [12] *Human Activity Recognition using LSTMs on Android-TensorFlow for Hackers*. [žiūrēta 2018-05-14]. Prieiga per: <https://medium.com/@curiously/human-activity-recognition-using-lstms-on-android-tensorflow-for-hackers-part-vi-492da5adef64>
- [13] DURMAZ INCEL Ozlem, KOSE Mustafa, ERSOY Cem. A Review and Taxonomy of Activity Recognition on Mobile Phones. *Springer Science Business Media*, 2013.

- [14] MANNINI Andrea, SABATINI M. Angelo. Accelerometry-Based Classification of Human Activities Using Markov Modeling. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2011.
- [15] DAMAŠEVIČIUS Robertas, VASILJEVAS Mindaugas, ŠALKEVIČIUS Justas, and WOFNIAK Marcin. Human Activity Recognition in AAL Environments Using Random Projections. *Hindawi Publishing Corporation*, 2016.
- [16] GUIRYA J. John, VENA Pepijn, NELSONA John, WARMERDAMB Lisanne, RIPER Heleen. Activity recognition with smartphone support. *Elsevier, Medical Engineering & Physics*, 2014.
- [17] BAO Ling, INTILLE S. Stephen. Activity Recognition from User-Annotated Acceleration Data, *Pervasive Computing*, 2004.
- [18] *Physical Activity Recognition*, [žiūrėta 2016-12-01], Prieiga per: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.popstudiohk.ar.lite&hl=en>
- [19] *SM Activity Recognition*, [žiūrėta 2016-12-01], Prieiga per: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.nbondarchuk.android.screenmanager.plugins.activityrecognition&hl=en>
- [20] *Activity Recognition Example*, [žiūrėta 2016-12-01], Prieiga per: <https://play.google.com/store/apps/details?id=co.madteam.activityrecognitionexample>