

TARTU ÜLIKOOL  
Arvutiteaduse instituut  
Informaatika õppekava

Andreas Baum

Reeglipõhine inimese asukoha ja  
tegevuste tuvastamine ruumisensorite  
järgi

Bakalaureusetöö (9 EAP)

Juhendaja: Meelis Kull

Tartu 2018

## **Reeglipõhine inimese asukoha ja tegevuste tuvastamine ruumisensorite järgi**

### **Lühikokkuvõte:**

Tervishoiuteenuste kulude vähendamiseks on kasulik laiendada tervishoiusüsteemi ka kodukeskkonnale. Üks võimalus selleks on luua patsiendi kodusse sensorisüsteem, mille abil saab tervisevaldkonna spetsialist vajalikku infot patsiendi abistamiseks või raviks. Projektis SPHERE on sellesuunaliseks uurimistööks loodud eksperimentaalne maja, mis on sisustatud mitmesuguste sensoritega. Bakalaureusetöö eesmärgiks oli luua asukoha ja tegevuse tuvastamise jaoks automaatne reeglitepõhine süsteem SPHERE projekti maja jaoks. Töö käigus valmis süsteem, mis tuvastab edukalt peaaegu kõik ruumides viibimised eksides valdavalt alla kahe sekundi. Tegevuste tuvastamiseks ei anna ruumisensorid palju võimalusi, millest tingitult tuvastatakse üksikuid tegevusi, mille ajalised eksimused jäävad alla kümne sekundi.

### **Võtmesõnad:**

reeglipõhine tuvastamine, asukoha tuvastamine, tegevuste tuvastamine

**CERCS:** P170 (Arvutiteadus, arvutusmeetodid, süsteemid, juhtimine)

## **Rule-based location and activity recognition based on environmental sensors**

### **Abstract:**

It is useful to extend the health care system to home environment in order to reduce the healthcare costs. One solution for that would be to create a sensor system that provides healthcare professionals with necessary information for assisting patient's treatment. SPHERE project has developed an experimental building for mentioned purposes that is equipped with sensors. The aim of this bachelor's thesis is to develop an automatic system that is capable of recognising human locations and activity using rule-based approach. The developed system is able to detect successfully all the rooms, where the patient has been with error less than two seconds most of the time. Room sensors don't give many opportunities for recognising activities, hence the system is capable of recognising a few of them while being mistaken less than ten seconds.

### **Keywords:**

rule-based recognition, location recognition, activity recognition

**CERCS:** P170 Computer science, numerical analysis, systems, control

# Sisukord

<b>1</b>	<b>Sissejuhatus</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Teoreetiline taust</b>	<b>8</b>
2.1	Projekt SPHERE . . . . .	8
2.2	Projekti SPHERE kasulikkus . . . . .	8
2.3	Projekti SPHERE maja . . . . .	9
2.4	Varasemad sarnased tööd . . . . .	10
2.5	Kasutatud vahendid . . . . .	11
<b>3</b>	<b>Andmed ja nende eeltöötlemine</b>	<b>12</b>
3.1	Märgendatud andmed ja nende töötlemine . . . . .	12
3.2	Keskkonna andmed ja nende töötlemine . . . . .	14
3.2.1	Saadaval olevad keskkonna andmed . . . . .	15
3.2.2	Liikumisandurite signaali töötlemine . . . . .	16
3.2.3	Seadmete asukohtade määramine . . . . .	17
3.3	Video andmed ja nende töötlemine . . . . .	18
<b>4</b>	<b>Asukoha tuvastamine</b>	<b>20</b>
4.1	Sisend . . . . .	21
4.2	Ruumisensorite andmete selekteerimine . . . . .	22
4.3	Liikumisandurite informatsiooni töötlemine . . . . .	22
4.4	Esmane ruumide ennustamine liikumisandurite info baasil . . . . .	24
4.5	Tuvastustesse liikumisanduriteta ruumide saamine . . . . .	27
4.5.1	Tualeti ja teise magamistoa lisamine . . . . .	27
4.5.2	Esiku lisamine . . . . .	30
4.5.3	Trepi lisamine . . . . .	31
4.6	Kõikide ennustuste aja nihutamine . . . . .	32
4.7	Tagastatava informatsiooni soovitud ajavahemikku viimine . . . . .	34
4.8	Tulemused ja nende analüüs . . . . .	34
<b>5</b>	<b>Tegevuste tuvastamine</b>	<b>39</b>
5.1	Sisend . . . . .	39

5.2	Üldine lähenemine . . . . .	39
5.3	Tegevuste ennustamine elutoas ja kabinetis . . . . .	40
5.4	Tegevuste tuvastamine magamistoas . . . . .	42
5.5	Tegevuste tuvastamine köögis . . . . .	43
5.6	Tegevuste tuvastamine teistes ruumides . . . . .	44
5.7	Tulemused ja nende analüüs . . . . .	44
<b>6</b>	<b>Arutelu</b>	<b>46</b>
6.1	Asukoha ennustamine teistes majades . . . . .	46
6.2	Tegevuste tuvastamine teistes majades . . . . .	46
<b>7</b>	<b>Kokkuvõte</b>	<b>48</b>
	<b>Viidatud kirjandus</b>	<b>50</b>
	<b>Lisad</b>	<b>51</b>
I.	Ruumid ja nendes asuvad seadmed ning sensorid . . . . .	51
II.	Asukoha tuvastamise meetodi parameetrid ja vaikeväärtused . . . . .	52
III.	Ruumide ennustamise parameetrite vaikeväärtuste selgitused . . . . .	55
IV.	Kahe päeva ruumide ennustused . . . . .	58
V.	Litsents . . . . .	63

# 1 Sissejuhatus

Rahvastiku vananemine ja elanike kasvavad ootused suurendavad tervishoiuteenuste nõudlust, samas on tööealiste inimeste arvu vähenemine muutnud meditsiini rahastamise ühiskonnale keerulisemaks (Kruus jt, 2014). Info- ja kommunikatsioonitehnoloogia arendamise kaudu on võimalus parandada tervishoiuteenuste jätkusuutlikkust ja vähendada tervishoiu kulusid.

Bakalaureusetöö eesmärk on tuvastada inimese liikumisteed ja oletada võimalikke tegevusi ruumides paiknevate andurite abil. Praktilise töö käigus püütakse jõuda tulemuseni, kus programm suudab Bristolis asuvas SPHERE projekti majas paiknevate sensorite põhjal kaardistada võimalikult täpselt inimese liikumist ruumides ajatemplitega. Inimese liikumise analüüsimine võimaldab muuhulgas saada informatsiooni ka tema vaimsest ja füüsilisest seisundist, tegeleda terviseprobleemide ennetamisega ja vähendada ravikulusid. Pikajaliste terviseprobleemide puhul, kui inimesed vajavad pidevat tähelepanu mitmeid aastaid (nt dementsus), on võimalus inimese jälgimiseks ja turvalisuse tagamiseks kasutada majja paigaldatud sensoreid.

Lõputöö praktilises osas kasutatakse inimese tegevuste oletamiseks ja asukoha määramiseks reeglipõhist lähenemist. Mudelisse kirjutatakse erinevaid tingimusi, mille sobivuse korral tuvastatakse asukohti ja tegevusi. Luuakse näiteks reegel, kui liikumisandur tuvastas mingil kellaajal liikumise, siis järelikult pidi inimene sellel ajal mingi liigutuse tegema.

Bakalaureuse töö teoreetilises osas antakse ülevaade projektist ja majast, kust praktilise töö käigus kasutatavad andmed saadi. Teoreetilises taustas kajastatakse informatsiooni varasematest sarnastest töödest ning kasutatud töövahenditest.

Andmete ja nende eeltöötlemise peatükis kirjeldatakse algselt saadud andmeid, nendes sisalduvat informatsiooni ja töötlemise protsessi.

Asukoha tuvastamise peatükis antakse ülevaade sisendist lõpptulemusteni (ajatemplitega ruumides viibimised). Esmalt kirjeldatakse programmi jaoks sobivat sisendit, seejärel jaotatakse programmi töö etappideks. Alampeatükid annavad ülevaate etappides toimuvast tööprotsessist. Kõikide etappide läbimisel saadakse kellaajaliselt ruumides viibimise tuvastused ja analüüsitakse tulemusi.

Tegevuste tuvastamise peatükis selgitatakse protsessi sisendist kuni ajatemplitega tegevuste tuvastusteni. Maja iga ruumi kohta on eraldi välja toodud tingimused ruumis teostatavate tegevuste tuvastamiseks ja tulemuste analüüs.

Arutelu peatükis kirjeldatakse rakendusliku uurimuse käigus valminud hoone jaoks loodud programmi kasutamise võimalusi teistes hoonetes.

## 2 Teoreetiline taust

Selles peatükis antakse ülevaade kõikidest lõputööga seotud taustteadmistest. Tutvustatakse projekti SPHERE ja selgitatakse, miks see projekt on inimkonnale oluline. Teoreetilises taustas tutvustatakse projekti SPHERE maja, kust saadi kõik lõputöös kasutusel olevad andmed, tuuakse näiteid varasematest sarnastest töödest ning kirjeldatakse lõputöö käigus kasutatavaid vahendeid.

### 2.1 Projekt SPHERE

Projekt SPHERE on Suurbritannias toimuv projekt, millega tegeleb ligikaudu 100 erinevates ülikoolides tegutsevat teadlast. Projekti eesmärgiks on leida lahendusi erinevatele tervishoiu probleemidele. Selleks on Bristolis eraldi maja, kus teadlastel on võimalik leida probleemidele lahendusi erinevaid seadmeid kasutades. Seadmete abil on võimalik saada ülevaade inimeste kodustest toimetustest ja käitumismustritest, mille abil on võimalik teha järeldusi. Projekt SPHERE otsib Bristolis läheduses vabatahtlikke inimesi, kelle kodudes seadmeid katsetada. (*SPHERE'i projekti kodulehekülg 2018; SPHERE'i võistluse ülevaade 2016*)

Projekt SPHERE teeb seadmete välja töötlemiseks tihedat koostööd inseneride, arstide ja teiste tervishoiu valdkonna ekspertidega. Kuna projekti arendamiseks tuleb paigaldada seadmed inimeste kodudesse, siis peab arvestama privaatsuse vajadustega. Oluline on ka seadmete soodne hind. (*SPHERE'i projekti kodulehekülg 2018*)

### 2.2 Projekti SPHERE kasulikkus

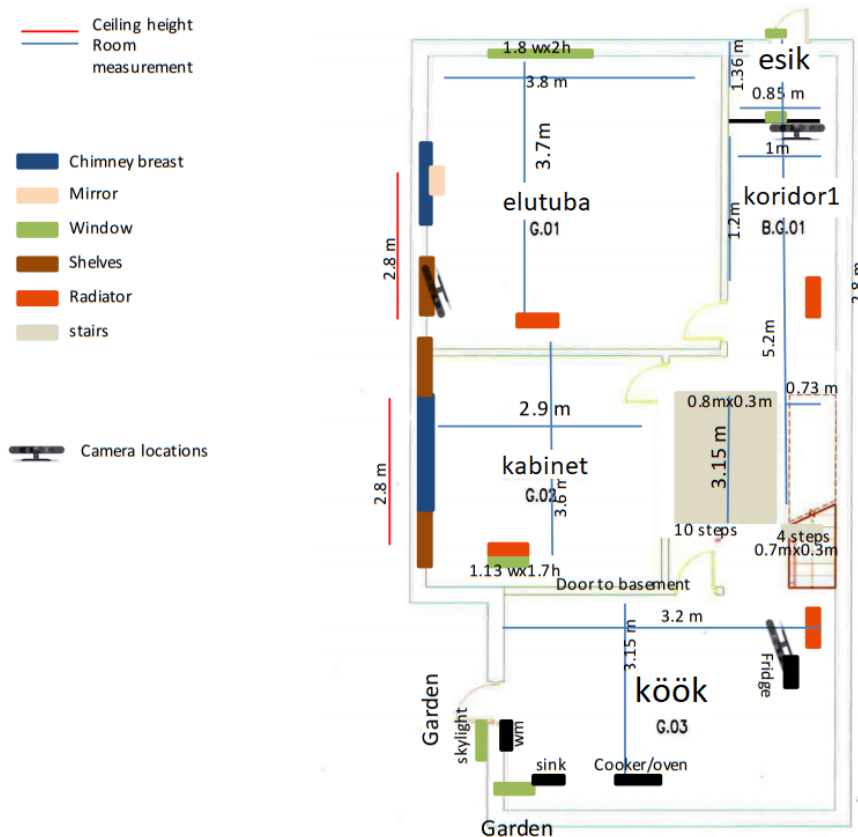
Suurbritannias, nagu ka paljudes teistes riikides, on märkimisväärne arv inimesi, kes vajavad pidevat hooldamist ka väljaspool haiglate territooriumeid. Ülekaalulisus, depressioon, dementsus, suhkruhaigus, südamehaigused ja hingamisraskused on ühed suurimad terviseprobleemid. Need on valdkonnad, millele kulub tervishoiusüsteemis kõige rohkem raha (*SPHERE'i projekti kodulehekülg 2018*). Just nende probleemide lahendamiseks püüab projekt SPHERE leida uusi tehnoloogilisi lahendusi.

Hetkel on kasutuses mitmeid seadmeid, mille abil on võimalik inimese käitumisharjumusi uurida. Näiteks on võimalik määrata: kui palju inimene kodus paigal istub või kui palju ta ringi liigub, millistes asendites ta on, kui tihti ja millal ta sööb. See annab



võimalusi näiteks südame- ja veresoonkonnahaiguste ennetamiseks. Samuti saab tuvastada depressiooni- või ärevusperioode ning arvuti teel inimesele vajadusel abi osutada. (SPHERE'i projekti kodulehekülj 2018)

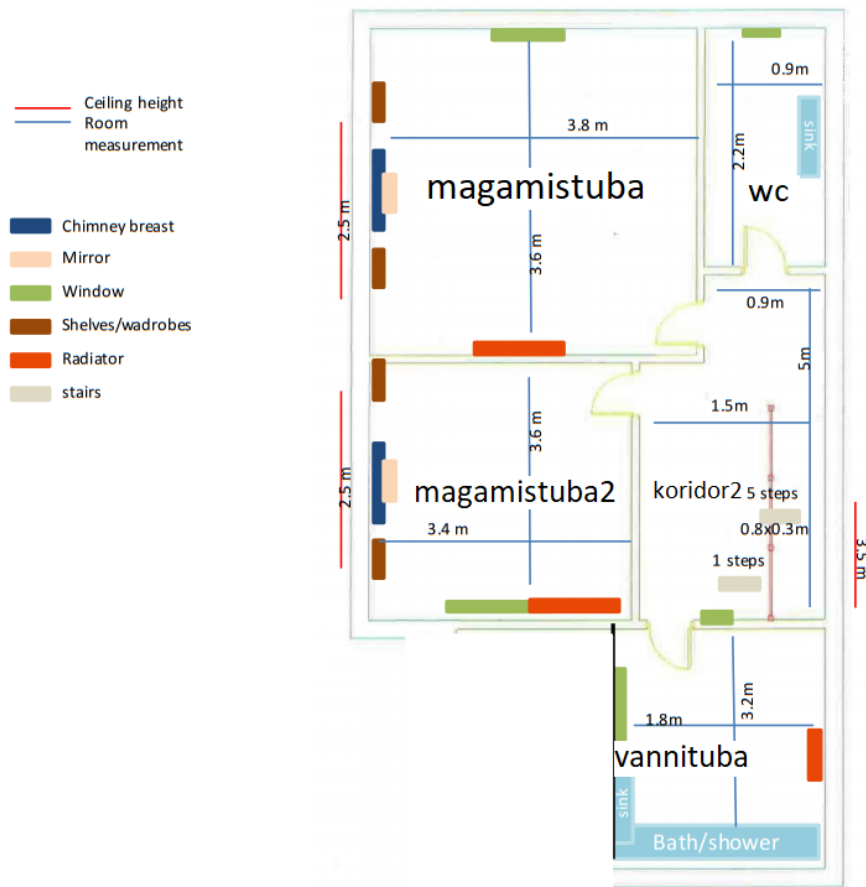
## 2.3 Projekti SPHERE maja



Joonis 1. Esimese korruse plaan (SPHERE'i võistluse ülevaade 2016)

Lõputöös kasutatavad andmed on saadud Bristolis asuvast projekti SPHERE majast. (vaata joonist 1 ja joonist 2). Joonistel on ruumide nimetused tõlgitud eesti keelde. Majaplaani tundmine on vajalik ruumide ja tegevuste tuvastuste mõistmisel.

Esimesel korrusel paiknevatest ruumidest on olulised: koridor1, elutuba, kabinet, köök, esik. Neid ruume kasutatakse asukoha ja tegevuste tuvastamisel. Esimese korruse joonisele on märgitud veel aed (joonisel 1 garden) ja keldrisse sissepääs (joonisel 1 door to basement), kuid rohkem neid ei kajastata sobivate andmete puudumise pärast.



Joonis 2. Teise korruse plaan (*SHPHERE*'i võistluse ülevaade 2016)

Teisel korrusel paiknevatest ruumidest on olulised: koridor2, magamistuba, magamistuba2, vannituba ja WC. Üheks tähtsaks osaks majast on veel trepp, mis ühendab esimest ja teist korrust. Trepp leiab ka lõputöös edasist kajastust.

## 2.4 Varasemad sarnased tööd

Antud lõputööle on võimalik leida mitmeid sarnaseid töid. Ühes töös tuvastatakse tegevusi reeglite abil (Storf, Becker ja Riedl, 2009). Selles töös kasutati liikumisandureid ning seadmete kasutust määravaid sensoreid. Järgmisena luuakse nimekirja järjestikkustest sündmustest mida proovitakse tuvastada (suur fookus oli köögi seadmete kasutusel). Selle saavutamiseks on loodud eraldi süsteem, mis lubab mugavalt programmi sisse

kirjutada tingimusi ilma otseselt koodi kirjutamata. Antud süsteemi tuleb kirja panna millistel tingimustel mida ennustada. Süsteem ei ole kättesaadav, seega ei saanud seda lõputöö tegemisel kasutada.

Eelnimetatud töös arvestatakse ka asjaoluga, et ühe sündmuse tagajärjel võis inimene tegelikult teha mitut erinevat asja. Selleks on kasutusele võetud kaalu süsteem. Pärast sündmust saab iga tegevus endale kaalu, mis näitab kui tõenäoline on antud tegevus mingi sündmusega. Pärast mitmete sündmuste vaatamist hakatakse omavahel võrdlema tegevuste kaale. Lõpptulemusena ennustatakse seda tegevust, mis sai endale kõige suurema kaalu. See tähendab, et tegu on kõige tõenäolisema tegevusega.

Järgmisena on kirjeldatud tööd, mis seadmete abiga jälgib, kas inimene võtab ravimeid või mitte (Hristova, Bernardos ja Casar, 2008). Töö eesmärk on jõuda tulemuseni, kus süsteem annab inimesele teada, kui mingi ravimi võtmine on ununenud, proovides vältida üleliigseid märguandeid. Selleks on kasutusel informatsioon majas olevate inimese asukoha, keskkonna seisundi (nt temperatuur), patsiendi südametöö ja ravimite võtmise eeskirjadest. Teadete andmise vajaduste tuvastamiseks on kasutatud reeglipõhist lähenemist.

## 2.5 Kasutatud vahendid

Bakaualureusetöö loomisel on kasutatud programmeerimiskeeli *R* (Veebileht *r-project.com* 2018) ja *Python* (Veebileht *python.com* 2018). Kõige varasemas töö faasis kasutati *Pythonit* (versioon 3.5) algsete andmete formaadi muutmisel (sellest on kirjutatud lähemalt andmete peatükis). Seejärel on kasutusse võetud programmeerimiskeel *R* (versioon 3.4), mida on kasutatud eelkõige just andmete mõistmiseks ja visualiseerimiseks. Programmeerimiskeele *R* kasutamisel on kasutatud *RStudio* (versioon 1.1) keskkonda, mis annab mugavad võimalused visualiseeringute ja tabelite vaatamiseks ning koodi kirjutamiseks samaaegselt (Veebileht *rstudio.com* 2018). Programmeerimiskeelt *R* on veel kasutatud ka algsete andmete kuju muutmiseks.

Osa andmete kuju muutmistest on tehtud ka programmeerimiskeeles *Python*. Programmeerimiskeele valik andmete muutmisel on tehtud vastavalt ülesandele ning valitud lihtsam vahend. Lõputöö käigus valminud asukoha ja tegevuse tuvastamise mudel on loodud täielikult kasutades *Pythonit*. Selleks on kasutatud keskkonda *Jupyter Notebook* (versioon 4.3), mis annab mugava võimaluse ühekordselt suuremahulisi andmeid sisse lugeda.

### 3 Andmed ja nende eeltöötlemine

Projekti SPHERE poolt on antud 38 ja poole päeva jagu videokaamerate ning keskkonnasensoritega kogutud andmeid maja kohta, kus inimene elas. Lisaks on olemas märgendatud andmed 500 minuti jagu, millest annab kellaajaliselt välja lugeda, mis ruumis inimene viibis ja mida ta täpselt tegi.

Peatükis kirjeldatakse, millisel kujul on projekti SPHERE poolt saadud video, keskkonna ja märgenduste andmed, selgitatakse, millist informatsiooni need andmed sisaldasid ning kuidas andmeid töödeldi, et neid oleks ennustuste loomisel parem kasutada.

Andmed ei ole hetkel avalikud, kuid projektil SPHERE on plaanis need tulevikus teaduslikel eesmärkidel kasutamiseks kättesaadavaks teha. Antud bakalaureusetöö tegemiseks on saadud luba neid andmeid kasutada, kuid on palutud töö kirjalikus osas kuupäevad asendada fiktiivsete kuupäevadega.

#### 3.1 Märgendatud andmed ja nende töötlemine

Andmete töötlemiseks kasutatakse projekti SPHERE poolt märgendatud andmeid, mis annavad teada, millal inimene midagi tegi. Kõik andmed on pärit kahest järjestikusest päevast mitme osana (perioodid mingist algusajast kindla lõppajani). Nende osade ligikaudsed kestvused minutites on 39, 13, 32, 11, 33, 203, 64, 24, 41, 36, 13. Kõikide osade kohta on saadud 3 märgenduste faili.

Tabel 1. Algne märgendatud ruumides viibimise faili näide

Sekundid algushetkest	Ruum
0.0000000	magamistuba
443.318472	teadmata
451.380618	WC
640.700034	koridor2
642.582860	magamistuba
662.638691	koridor2
665.923269	trepp
673.280391	koridor1

Osa esimene fail näitab täpset ajatemplit (kuupäev ja kellaeg), millal alustati mär-

genduste tegemist. Näiteks ühe sellise faili sisu on 2050-01-01T09:39:05.940Z (kuupäev on muudetud). See fail näitab, et antud osa märgenduste algusaeg on 1. jaanuar 2050. aastal kell 9:39:05.940.

Teine fail annab ülevaate kellajaliselt inimese viibimistest erinevates ruumides. Tabelis 1 on toodud väike osa ühest teise faili sisust. Tabeli esimeses veerus paikneb aeg sekundites, mis näitab mitu sekundit pärast algusaja failist saadud kellaega inimene mingisse tuppa läks. Teine veerg näitab, mis tuppa inimene läks. Selle informatsiooni põhjal saab selgelt aru, mis kellast kellani inimene kuskil viibis.

Tabel 2. Algne märgendatud tegevuste faili näide

<b>Sekundid algushetkest</b>	<b>Tegevus</b>
260.435502	tõstab sülearvuti voodi kõrval olevale lauale
287.574741	tõuseb püsti
296.540975	vahetab riided
372.185797	võtab kardinad eest
388.376444	paneב jalga sussid
405.238935	teeb voodi kordda
443.318472	väljub magamistoast
451.380618	siseneb tualetti

Kolmanda faili ülesehitus on täpselt samasugune nagu teises failis. Tabelis 2 on toodud väike näide ühest teise faili sisust. Ainuke erinevus võrreldes teise failiga on see, et siin on näidatud inimese tegevusi. Tegevuste failis on kohati väga täpselt ära toodud mida ja millal inimene tegi (vaata tabelit 2). Näiteks hammaste pesemise korral on kirjas, mis kell inimene hambaharja loputamiseks kraani lahti keerab, millal kraani kinni keerab, millal hambapasta kätte võtab, millal hambapastatuubi avab, millal hambapastatuubi kinni paneb, millal hambapasta käest ära paneb, millal elektrilise hambaharja tööle paneb ning millal selle kinni paneb. Samas aga leidub ka selles failis kohti, kus on informatsiooni antud väga pealiskaudselt. Näiteks selliselt, et inimene viibib vannitoas.

Järgmise tegevusena muudeti lõputöös algushetked ajaks. Selleks võeti algusaja failist täpne aeg ning lisati sellele asukohtade ja tegevuste failides olevad sekundid algushetkest. Selle tulemusena saadi fail, kus tegevused ja asukohad on märgitud kellaajaliselt (kuupäevad on muudetud). Tabelis 3 on toodud saadud asukoha faili näide kellaajagade-

ga. Sellisel kujul on inimesel oluliselt kergem vaadata sensorite visualisatsioone ning võrrelda saadud tulemusi tegelike inimese tegevuste ja asukohtadega. See annab aluse sensorite andmete mõistmisele. Pärast andmetest aru saamist on võimalik hakata looma asukoha ja tegevuste tuvastamise süsteemi.

Tabel 3. Kellaegadega ruumides viibimise näide

Algusaeg	Ruum
2050-01-01 09:39:05.940000	magamistuba
2050-01-01 09:46:29.258472	teadmata
2050-01-01 09:46:37.320618	WC
2050-01-01 09:49:46.640034	koridor2
2050-01-01 09:49:48.5228600	magamistuba
2050-01-01 09:50:08.578691	koridor2
2050-01-01 09:50:11.863269	trepp
2050-01-01 09:50:19.220391	koridor1

## 3.2 Keskkonna andmed ja nende töötlemine

Lõputöö tegemiseks on saadud algselt 1,77 GB suurune keskkonna andmete tekstifail. Selles failis on igal real mingil ajatemplil ühe kindla seadme poolt kogutud informatsioon JSON formaadis. JSON on inimesele loetav andmete hoiustamise formaat, kus kogu informatsioon on salvestatud võtme ja väärtuse paaridena (Veebileht json.org 2018). Üks näiterida JSON failist näeb välja järgmine:

```
{ "_id": { $oid: "58ff6cd7e4184cf305d90f2e" }, "ts": 683967, "bt": { "$date": "2050-01-01T15:35:30.643Z" }, "mc": 203, "e": [ { "n": "PIR_TRIGS", "v": [ 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0 ] } ], "uid": "fd00 ::212:4b00:0:80", "tso": 1.4931276909731963e+09 }
```

Pärast algsete andmete saamist viidi andmed üle CSV formaati. CSV on formaat, kus kõik failis olevad väärtused on komaga eraldatud, mis annab võimaluse programmidel avada faili tabeli kujul (Veebileht computerhope.com 2018). Formaadi muutmise käigus on välja valitud ainult ennustuste loomiseks vajalik informatsioon.

Vajalikud andmed, mis algsest failist rea kaupa välja valitud on aeg, seadme identifikaator ning sensorite poolt kogutud informatsioon. Aeg sisaldab endast kuupäeva ja kellaaega. Seadme identifikaator on lihtsalt üks kindel sõne. Selle põhjal on võimalik hiljem otsustada, mis ruumi andmetega tegu on. Sensorite informatsioon sisaldab endas nimekirja sensori nimedest ja nende väärtustest. Lõpptulemuses on iga sensori signaal pandud erinevale reale. Seega me saame lõpptulemuseks CSV faili, kus igas reas esimeseks väärtuseks on aeg, teiseks seadme identifikaator, kolmandaks sensori nimi ning neljandaks sensori väärtus (vaata tabelit 4).

Tabel 4. Keskkonna andmeid sisaldava CSV faili näide

Aeg	Seadme identifikaator	Sensor	Väärtus
2050-01-01 15:35:45	fd00::212:4b00:0:3	HDC_HUM	38.89
2050-01-01 15:35:45	fd00::212:4b00:0:3	BMP_PRES	1007.28
2050-01-01 15:35:45	fd00::212:4b00:0:3	HDC_TEMP	18.97
2050-01-01 15:35:45	fd00::212:4b00:0:3	BMP_TEMP	19.02
2050-01-01 15:35:46	fd00::212:4b00:0:4	HDC_TEMP	21.11
2050-01-01 15:35:46	tfd00::212:4b00:0:4	BMP_TEMP	20.97
2050-01-01 15:35:46	fd00::212:4b00:0:82	LT	4.51
2050-01-01 15:35:47	02813	ELEC	0

### 3.2.1 Saadaval olevad keskkonna andmed

Nüüd, kui kõik andmed on CSV formaadis, saab hakata edasi uurima andmete sisu. Saadud andmetes oli võimalik leida 17 erinevat seadet. Pärast igale seadmele kuuluvate sensorite uurimist oli võimalik seadmed gruppidesse jagada. Neli seadet olid varustatud õhurõhu, õhuniiskuse ja kahe temperatuuri mõõdikuga. Viis seadet sisaldasid endast ainult elektrimõõdikut. Kaheksa alles jäänud seadet sisaldasid endast valguse, õhurõhu, õhuniiskuse ja kahte õhutemperatuuri mõõdikut ning liikumisandurit. Üks nendest seadmetest sisaldab veel lisaks külma ja sooja vee mõõdikut.

Järgmisena on välja toodud, milliseid andmeid on võimalik sensoritest saada:

1. **Õhurõhu sensor** - Kõik õhurõhu sensoriga varustatud seadmed salvestavad hetkel olevat õhurõhku iga 25 sekundi tagant. Väärtused jäävad 980-1020 hektopaskali vahele.

2. **Õhuniiskuse sensor** - Kõik õhuniiskuse sensoriga varustatud seadmed salvestavad hetkel olevat õhuniiskust iga 25 sekundi tagant. Väärtused jäävad 20-93 protsendi vahele.
3. **Esimene temperatuuri sensor** - Kõik temperatuuri sensoriga varustatud seadmed salvestavad hetkel olevat temperatuuri iga 25 sekundi tagant. Väärtused jäävad 13-29 kraadi vahemikku.
4. **Teine temperatuuri sensor** - Kõik temperatuuri sensoriga varustatud seadmed salvestavad hetkel olevat temperatuuri iga 25 sekundi tagant. Selle sensori väärtused jäävad 14-25 kraadi vahele.
5. **Elektri sensor** - Kõik selle sensoriga varustatud seadmed annavad tulemusi 6 sekundi tagant. Väärtused jäävad 0-7450 vahele ning väärtus näitab viimase 6 sekundi jooksul kulunud elektri kogust vattides.
6. **Valguse sensor** - Nende sensoritega varustatud seadete puhul on peaaegu igal seadmel oma signaali intervall. Kõige pikema vahega seade annab signaali iga 25 sekundi tagant. Kaks kõige lühema signaalisagedusega sensorit annavad signaale 4 sekundi tagant. Väärtused jäävad 0 - 185 ühiku vahele.
7. **Liikumisandur** - Kõik seadmed annavad tulemusi iga 20 sekundi tagant. Liikumisanduri signaalide väärtuseks on 30 arvust koosnev nullide ja ühtede loend (näiteks [0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,0,0,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,0,0,0,1]). Arv 1 näitab, et tuvastati liikumine ja arv 0 näitab, et liikumist ei tuvastatud. Sellest väärtusest on täpsemalt kirjas järgmises alampeatükis.
8. **Külma vee sensor ja sooja vee sensor** - Ainus seade, millel need sensorid olemas on, annab mõlemaid näite umbkaudu iga 67 sekundi tagant. Mõlema puhul jäävad väärtused vahemikku 7989301-21238974. Antud väärtused on saadud vektoru külge seadme paigutamisel, mis üritab heli järgi vee tarbimist hinnata.

### 3.2.2 Liikumisandurite signaali töötlemine

Nagu eelnevalt mainitud, siis algsetes andmetes on liikumisandurite poolt saadud väärtus arvude loend (näiteks [0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,0,0,0,0,1,0,1,0,1,0,0,0,0,0,1,0,1]). Lõputöö käigus oli vaja selgitada, kuidas seda jada täpselt mõista. Selleks sai võrreldud



liikumisanduri väärtuseid märgendustega, millistes ruumides inimene sellel ajaperioodil viibis. Nii sai erinevaid võimalusi katsetatud kuni märgendused ja liikumisandurite signaalid hakkasid kattuma.

Lõpptulemusena selgus, et üks liikumisandur annab tulemusi korra sekundis. Iga väärtus näitab, kas mingil sekundil toimus liikumine või mitte. Väärtused on loendis järjestatud selliselt, et loendi esimene signaal saadi 29 sekundit tagasi ja loendi viimane signaal on saadud praegusel hetkel. Oletame, et eelnevalt toodud näite järjend on saadud kell 12:00:00, mis tähendab et loendi viimane väärtus on saadud kell 12 (väärtus 1). Kell 11:59:59 saadud väärtus on null, kell 11:59:58 saadud väärtus üks, jne.

Vastavad muudatused sai tehtud ka algandmetesse. Selle tulemusena on kõikidel ridadel, kus on liikumisanduri informatsioon väärtus 0 või 1, mis näitab, kas sellel sekundil liikumine tuvastati või mitte. Niimoodi saadi andmetesse iga sekundi peale igast ruumist liikumisanduri signaali väärtus. See võimaldab inimesel teise inimese liikumist kaardistada lihtsalt andmetele peale vaadates. Sellest tulenevalt on võimalik edasi arvuti jaoks reegleid kirja panna, et ka arvuti sellest aru saaks.

### **3.2.3 Seadmete asukohtade määramine**

Lõputöö jaoks oli saadaval ka fail, mis sisaldas endast seadmete kohta informatsiooni. Fail näitas, milliseid sensoreid seadmed sisaldavad ja ka 4 seadme asukohta. Asukoht oli teada ainult nendel seadmetel, mille küljes on õhurõhu, õhuniiskuse ja 2 õhutemperatuuri sensorit. Need seadmed asuvad elutoas, köögis, ja mõlemas magamistoas (igas nimetatud toas on 1 seade). Ülejäänud seadmete asukoha kohta polnud mitte ühtegi vihjet. Kuna SPHERE'i projekti käest seadmete asukohtade küsimine oleks olnud aega nõudev protsess, siis sai otsustatud ise seadmete asukohad kindlaks teha. Selleks kasutati märgendatud andmeid ning sensorite poolt saadud väärtuseid. Protsessi käigus teada saadud seadmete asukohtade ning nendes sisalduvate sensorite ülevaate saab lisast 1.

Elektri sensoreid sisaldavate seadmete asukohtade välja selgitamiseks sai esmalt tehtud graafikud, mis näitasid kahel märgendel sisalduval päeval elektrisensorite näite. Graafikutelt oli lihtne välja lugeda, mis kellaaegadel oli elektrimõõdikute näidud tavaliselt suuremad. Seejärel sai vaadatud, mida inimene tegi nendel eristunud aegadel. Sellega sai kindlaks tehtud, et elektrimõõdikutega varustatud seadmed on ühendatud külmkapi, mikrolaineahju, pesumasina ja rösteriga. Ühe seadme asukoht jäi kindlaks tegemata töö lõpuni välja. Selle seadme elektrisensor näitas märgendatud päeval väikest elektri

tarbimist ainult öösiti umbes poole kolme ajal. Üheks oletuseks jäi, et tegu võib olla televiisoriga, mida märgendatud andmete perioodil otseselt ei kasutatud kordagi. Kuna kindlat seost ei olnud võimalik luua, siis seda seadet pole ennustamisel kasutatud.

Asukohad on määramata veel kaheksal seadmel, mis sisaldavad endas valguse, õhu rõhu, õhuniiskuse ja kahte õhutemperatuuri mõõdikut ning liikumisandurit. Asukohtade määramisel on kõige kergem kasutada liikumisandurite informatsiooni. Selleks sai välja sorteeritud signaalid, kus liikumine tuvastati ning selgitati välja, et seadmed peavad paiknema elutoas, kabinetis, köögis, esimese korruse koridoris, magamistoas, vannitoas ja teise korruse koridoris. Üks liikumisandur ei andnud kahe päeva jooksul mitte ühtegi positiivset liikumissignaali. Liikumisanduri informatsiooni kohaselt oleks seadme kõige loogilisemaks asukohaks teine magamistuba. See oli ainuke ruum majas, kuhu inimene märgendite järgi kordagi ei läinud. Samas oli see ainuke seade, millel olid küljes sooja ja külma vee mõõdikud. Mõõdikute andmetest sai eristada, millal olid väärtused märgatavalt suuremad kui tavalises olekus. Märgendeid vaadates selgus, et suuremate veemõõdikute väärtustega perioodid olid kõik seotud köögis kraani avamisega. Seega sai oletatud, et antud seade on kuskil köögis peidus ja ühendatud veekraaniga.

### 3.3 Video andmed ja nende töötlemine

Lõputöö tegemiseks on saadud algselt 14,4 GB suurune video andmete teksti fail. Selles failis on igal real mingil ajahetkel ühe kindla kaamera poolt saadud informatsioon JSON formaadis. Sellest failist on võimalik välja lugeda, millal inimene oli kaamera vaateväljas. Kui mingi aja kohta on andmed olemas, siis järelikult jäi inimene sellel ajal kaamera vaatevälja. Kaamera pildi põhjal oli tehtud oletusi inimese tegevuse, asendi ja asukoha kohta. Teada on, et need andmed on kellegi teise koodi põhjal saadud oletused. Lisaks polnud midagi teada oletuste iseärasuste kohta. Üks näiterida antud JSON failist näeb välja järgmine:

```
{ "_id": {"$oid": "58ffa18edb8cbbbed0543e6f3"}, "uid": "b8aeed75e024", "bt": {"$date": "2050-01-01T19:20:46.574Z"}, "e": [{"n": "frameID", "v": 2471706}, {"n": "userID", "v": 3.559523451e+09}, {"n": "2Dbb", "v": [252, 100, 263, 135]}, {"n": "2DCen", "v": [257, 114]}, {"n": "3Dbb", "v": [-424, 874, 3563, -416, 766, 4163]}, {"n": "3Dcen", "v": [-420, 849, 3863]}, {"n": "Activity", "v": "Walking"}, {"n": "Intensity", "v": "Light"}, {"n": "FeaturesREID", "v": []}]}
```

Järgmiseks viidi olemasolevad andmed taaskord CSV formaati. Selleks valiti igast reast välja vajalikud andmed, milleks on aeg, seadme identifikaator ning oletuste informatsioon (võtme ja väärtuse paarid inimese tegevuse, asendi ja asukoha kohta). Tabel 5 näitab CSV failist väikest osa (kuupäevad on muudetud).

Tabel 5. Video andmeid sisaldava CSV faili näide

<b>Aeg</b>	<b>Seadme id</b>	<b>Võti</b>	<b>Väärtus</b>
2050-01-01 19:20:46.574	b8aeeed75e024	frameID	2471706
2050-01-01 19:20:46.574	b8aeeed75e024	userID	3.559523451e+09
2050-01-01 19:20:46.574	b8aeeed75e024	2Dbb	[252,100,263,135]
2050-01-01 19:20:46.574	b8aeeed75e024	2DCen	[257,114]
2050-01-01 19:20:46.574	b8aeeed75e024	Activity	Walking

Järgmiseks oli vaja selgitada, milliseid andmeid edasi kasutada. Lõputöös raames sai otsustatud kasutada tuvastamiseks ainult inimese asukohta. Antud failist on võimalik selleks saada mitmeid tuvastusi. Kõik asukoha ennustused põhinevad lähenemisel, kus inimesele kujutatakse ümber kuup ja seejärel antakse erinevaid koordinaate kuubi asukoha kohta. Saadud oletustest otsustati mitte kasutada, jättes töö rõhuks keskkonna andmete põhjal tuvastuste saamist. Video andmeid kasutati lõpuks ainult selle hindamiseks, kas inimene oli kaamera vaateväljas või mitte.

## 4 Asukoha tuvastamine

Käesolevas peatükis selgitatakse, kuidas lõputöö käigus valminud programmi asukoha tuvastamine töötab. Asukoha tuvastamise all on mõeldud saadavat tulemust, kus on ajatemplitega kirjas millal ja millises ruumis inimene asus. Selleks kasutatakse käsitsi kirjutatud reegleid, mille põhjal loob mudel tuvastused. Masinõppe kasutamise asemel on loodud reeglipõhine tuvastuste süsteem mitmel põhjusel:

1. Inimesena on meil olemas suurepärane arusaam inimese jaoks vajalikest tegevustest ja seega me suudame teha häid oletusi ka teiste päevastest toimetustest.
2. Reeglipõhistest tuvastamisest on inimesele paremini tõlgendatav
3. Kasutada on ainult ainult kaheksa tunni jagu märgendatud andmeid

Masinõpet kasutades võib saada tulevikus ennustusi parandada. Selles lõputöös masinõpet ei kasutata.

Lõputöö käigus on loodud ruumide ennustamiseks meetod, mis loob oletusi kasutaja poolt saadud andmete ja ajavahemiku põhjal. Selle tulemusel loob programm ennustusi, mis kellast alates on inimene antud ruumis viibinud. Tabel 6 näitab ennustuste lõpptulemusi.

Tabel 6. Asukoha ennustamise lõpptulemuse näide

<b>Tuppa sisenemise aeg</b>	<b>Tuba</b>
2050-01-01 14:00:00	elutuba
2050-01-01 14:23:51	koridor1
2050-01-01 14:23:55	trepp
2050-01-01 14:24:02	koridor2
2050-01-01 14:24:11	WC
2050-01-01 14:26:14	koridor2
2050-01-01 14:26:24	magamistuba

Käesolevas peatükis antakse ülevaade, kuidas tuvastusteni jõutakse, kirjeldatakse meetodi sisendit ja algoritmi. Programmi sisu jaguneb järgmisteks etappideks:

1. Ruumisensorite andmete selekteerimine.

2. Liikumisanduritest saadud informatsiooni töötlemine.
3. Esmane tubade ennustamine liikumisandurite info põhjal.
4. Ennustustesse liikumisanduriteta ruumide lisamine.
5. Kõikide ennustuste aja nihutamine.
6. Tagastatava info soovitud ajavahemikku viimine.

## 4.1 Sisend

Selleks, et programmi saaks tuvastusi tagastada, on vaja asukoha tuvastamise meetodile kaasa anda vähemalt 4 parameetrit. Esimeseks parameetrik on ruumisensorite andmed ja teiseks parameetrik video andmed. Programm loob oma ennustused antud andmete põhjal. Koodis eeldatakse, et eelnimetatud andmed on arvuti mälus ja parameetritena kaasa antud kasutades programmeerimiskeele Pythoni moodulit *Pandas*. *Pandas* on Pythoni moodul, mis on mõeldud andmetega tegelemiseks (*Veebileht pandas.pydata.org* 2018).

Lisaks video ja ruumisensorite andmetele antakse kolmanda ja neljanda parameetrina kaasa sõnena kuupäev ja kellaaeg. Sobiv sõne formaat on aasta-kuu-päev tunnid:minutid:sekundid. Tähelepanu tuleb pöörata, mis järjekorras sobivat aega sisestada ja milliseid sümboleid kasutada. Tuleb jälgida, et kuupäeva ja kellaaaja vahele käib tühik. Sobivaks näiteks on "2015-01-15 19:00:00", mis tähistab 15.jaanuarit 2015. aastal ja kell on täpselt 19:00. Antud parameetritest selgub, mis ajavahemikus inimene soovib ennustusi saada. Kolmas parameeter tähistab ennustuste algamise aega ja neljas lõppemise aega. Meetod eeldab, et inimese poolt kaasa pandud andmed sisaldavad informatsiooni parameetritesse lisatud ajavahemiku kohta.

Asukoha ennustamise meetodil on veel mitmeid teisigi parameetreid. Kõik seni nimetamata parameetrid mõjutavad programmi sees toimuvaid otsuseid. Need parameetrid on loodud ennustamise otsuste sooritamiseks vajalike tingimuste muutmiseks. Kuna iga inimese nägemus võib erineda teiste omast, siis parameetrite lisamisega tekib võimalus omal valikul otsuseid mõjutada. Kõikidel seni nimetamata parameetritel on vaikimisi määratud väärtus. See võimaldab inimesel saada ennustusi ainult nelja eelnevalt kirjeldatud kohustuslikku parameetrit kasutades. Lisas 2 on kirjeldatud kõikide ruumides ennustamiseks kasutatuid parameetreid koos vaikeväärtustega. Lisas 3 on

toodud parameetrite vaikeväärtuste valimise põhjendused. Kõikide parameetrite kasutust kirjeldatakse täpsemalt järgmistes peatükkides, kus on koodis toimuvad otsused pikemalt lahti selgitatud.

## **4.2 Ruumisensorite andmete selekteerimine**

Ennustuste saamiseks on vaja saadud andmetest leida olulised. Antud juhul on välditud olemasolevaid video andmeid, sest kaamerad paiknevad ainult kolmes ruumis. Selle asemel on kasutatavad ruumisensorid, mida leidub seitsmes erinevas ruumis. Ainus koht, kus ruumisensorit ei ole on WC, teises magamistoas puudub liikumisandur. Sellest hoolimata saab eeldada, et ruumisensorid annavad inimese majas liikumise kohta rohkem informatsiooni kui video andmed. Inimese liikumist majas prooviti kellaajaliselt kindlaks teha kasutades ainult ruumisensoreid. Ruumisensoritelt ja liikumisandurite saadud informatsiooni põhjal on kõige kergem inimese liikumist kaardistada. Liikumisandurite andmete põhjal hakati looma ennustusi. Sisendiks saadi ennustuste alustamise ja lõppemise aeg. Ebavajalike andmete kaotamisega muudeti ennustuste loomise edaspidi kiiremaks. Andmete valimiseks oli 3 eraldi selekteerimise tingimust, mis aitasid ainult vajalikud liikumissignaale välja valida.

1. Valiti 30 kõige hilisemat liikumise signaali, mis tuvastati enne inimese poolt soovitud algusaega.
2. Valiti kõik liikumissignaali kasutaja poolt soovitud ajavahemikus (algusaeg ja lõppaeg kaasa arvatud).
3. Valiti 20 kõige varasemat liikumise signaali, mis tuvastati pärast inimese soovitud aega.

## **4.3 Liikumisandurite informatsiooni töötlemine**

Liikumisandurite informatsiooni põhjal saab hakata tuvastusi tegema. Antud olukorras on koodi eesmärk jõuda tabelini, millest saadakse tuvastamiseks vajalikke teadmisi.

Oluline informatsioon on see, mitu korda tuvastas üks ja sama liikumisandur liikumist. See annab ülevaate, kui tõenäoliselt inimene tegelikult selles ruumis viibis. Kui ühest ruumist tuleb järjest palju liikumise signaale, siis inimene ilmselt oli ka reaalselt seal. Kui mõnest ruumist on ainult üks järjestikune signaal, siis tuleb saadud signaaliga ettevaatlik

olla. Inimene võis sellisesse ruumi astuda väga lühikeseks ajaks või on seadme poolt tulnud mingi põhjusel valetuvastus.

Tähelepanu tuleb ka pöörata, millal ühes toas toimuv liikumine asendus teises toas toimuvaga. Seda jälgides saab paika panna, millal inimene tõenäoliselt astus ühest toast teise.

---

**Algoritm 1:** Liikumisandurite informatsiooni töötlemine

---

**Sisend** :Ruumisensorite andmete selekteerimisel saadud andmed

**Väljund** :Tabel, mis sisaldab ühe sensori poolt järjest tuvastatud liikumiste arvu ja esimese tuvastuse aega (vaata tabelit 7)

```
1 signaalide_tabel = tühi tabel;
2 iga rea korral sisendtabelis:
3   praegune_seade = reall saadud seade;
4   kui praegune_seade == eelmine_seade siis
5     järjest_signaale += 1;
6   vastasel juhul
7     Lisa signaalide tabelisse eelmine_seade, signaali_algusaeg ja
8     järjest_signaale;
9     järjest_signaale = 1;
10    seadme_esimene_signaal = rea aeg;
11 tagasta signaalide_tabel
```

---

Selleks, et koodis neid tulemusi saada, vaadatakse ruumisensorite andmete selekteerimise osast saadud tabelit rida rea haaval läbi (vaata algoritmi 1). Iga rea puhul vaadatakse seadme identifikaatorit ja võrreldakse seda eelneva reaga. Kui seadme identifikaator on eelneva rea identifikaatorist erinev, siis järelikult toimus ruumi vahetus ja jäetakse meelde, mis kell see toimus. Kui aga uuel real olev identifikaator on sama, mis eelmisel real, siis selle jaoks on loendur, mis loeb kokku kui mitu korda järjest selline asi juhtus. Tabel 7 kajastab võimalikku tulemust. Antud tabelis on seadme identifikaator arusaadavuse mõttes asendatud ruumi nimega. Tabelist on saadud reaalselt programmi siseselt kasutades algusaega "2050-01-01 14:00:00" ja lõppaega "2050-01-01 15:00:00"(kuupäevad on muudetud). Kõik teised mitte andmestikke seotud parameetrid on vaikimisi väärtustega.

Kuupäev on andmete konfidentsiaalsuse pärast muudetud ja kõik edaspidised näited on saadud sama sisendiga.

Tabel 7. Töödeldud liikumisandurite informatsiooni väljund

<b>Signaali algusaeg</b>	<b>Ruum</b>	<b>Järjest signaale</b>
2050-01-01 13:45:04	elutuba	96
2050-01-01 14:23:51	kabinet	1
2050-01-01 14:23:52	koridor1	6
2050-01-01 14:23:59	koridor2	16
2050-01-01 14:26:24	magamistuba	8
2050-01-01 14:26:34	koridor2	5
2050-01-01 14:26:40	koridor1	4
2050-01-01 14:26:43	koridor2	1
2050-01-01 14:26:44	koridor1	4
2050-01-01 14:26:49	köök	137
2050-01-01 14:34:00	koridor1	4
2050-01-01 14:34:04	elutuba	10
2050-01-01 14:34:18	koridor1	2
2050-01-01 14:34:20	köök	111
2050-01-01 14:40:17	koridor1	1
2050-01-01 14:40:19	köök	8
2050-01-01 14:40:49	koridor1	4
2050-01-01 14:40:55	elutuba	14
2050-01-01 14:41:26	koridor1	4
2050-01-01 14:41:35	elutuba	227

#### **4.4 Esmane ruumide ennustamine liikumisandurite info baasil**

Ennustuste tegemiseks kasutatakse töödeldud liikumisandurite informatsiooni käigus saadud tabelit. Tabelist 7, on näha millal inimene mingisse tuppa jõudis ja millal ta järgmisesse ruumi astus. Antud etapis lihtsalt vaadatakse igat rida eraldi ja üritatakse olemasolevast infost eemaldada valesignaale (programmis toimunu on välja toodud lisaks teksti kujul seletustele ka algoritmis 2).



---

**Algoritm 2:** Esmaste ruumide ennustuse loomine

---

**Sisend** : Liikumisandurite töötlemise väljund (vaata tabelit 7) ja parameeter *wrong\_signal\_count*

**Väljund** : Esmased ennustused algusaja ja ruumiga (vaata tabelit 8)

```
1 ennustuste_tabel = tühi tabel;
2 iga rea korral andmetes:
3   preagune_seade = realt saadud seade;
4   praegune_aeg = realt saadud aeg;
5   praegune_signaalide_arv = realt saadud signaalide arv;
6   eelmine_seade = eelmise rea seada;
7   järgmine_seade = järgmise rea seada;
8   kui preagune_signaalide_arv <= wrong_signal_count siis
9     kui eelmine_seade == järgmine_seade siis
10      järgmine_aeg = järgmise rea aeg järgmine_signaalide_arv = järgmiselt
11      realt saadud signaalide arv;
12      kui järgmine_aeg == praegune_aeg ja järgmine_signaalide_arv <=
13      wrong_signal_count ja siis
14      preagune_aeg ja preagune_seade lisatakse signaalide tabelisse;
15      vastasel juhul
16      kui eelmise seadme ruumist ei saa otse teise seadme ruumi siis
17      preagune_aeg ja preagune_seade lisatakse signaalide tabelisse;
18 tagasta signaalide_tabel
```

---

Valesignaali eemaldamiseks on meetodis parameeter *wrong\_signal\_count*. See näitab, kui mitu ühe liikumisanduri poolt järjest tuvastatud liikumist koheldakse kui võimalikku valesignaali. Kui ühe anduri poolt järjest tuvastatud liikumiste signaalide arv on suurem, kui antud parameetri väärtus, siis kajastub vastav ruum ka kindlasti lõpptulemustes. Kui liikumissignaali arv on väiksem või võrdne parameetri väärtusega, siis kaotatakse see signaal kui vähegi võimalik.

Signaali kaotamisel vaadatakse nii eelneva kui ka järgmise signaali asukohta. Edasi

arvestatakse kahte võimalust:

1. Eelnev ja järgnev signaal tulevad samast ruumist.
2. Eelnev ja järgnev signaal tulevad erinevatest ruumidest.

Tabel 8. Esmase ruumide ennustuste väljund

<b>Ruumi sisenemise aeg</b>	<b>Ruum</b>
2050-01-01 13:45:04	elutuba
2050-01-01 14:23:52	koridor1
2050-01-01 14:23:59	koridor2
2050-01-01 14:26:24	magamistuba
2050-01-01 14:26:34	koridor2
2050-01-01 14:26:40	koridor1
2050-01-01 14:26:49	köök
2050-01-01 14:34:00	koridor1
2050-01-01 14:34:04	elutuba
2050-01-01 14:34:18	koridor1
2050-01-01 14:34:20	köök
2050-01-01 14:40:49	koridor1
2050-01-01 14:40:55	elutuba
2050-01-01 14:41:26	koridor1
2050-01-01 14:41:35	elutuba

Kui antud signaalile eelnev ja järgnev signaal on tulnud samast asukohast, siis vaadatakse mitu korda on järgnev signaal esinenud.

1. Kui järgnev signaal on esinenud järjest rohkem kordi kui viimati räägitud parameetri väärtus, siis järelikult on **praegune saadud lühike signaal valesignaal** ja seda edaspidi ei arvestata.
2. Kui järgnev signaal on esinenud piisavalt lühidalt, et seda tuleks vaadelda potentsiaalse valesignaalina, siis vaadatakse kellaegu. Kui kellaajad praegusel ja järgneval signaalil on samad, siis vaadatakse kas praegune ruum on üks koridoridest (selline olukord saab tekkida ainult siis, kui vahepealseks ruumiks on üks

koridoridest). Kui tegu on koridoriga, siis **mudel arvestab praegust signaali kui tõest signaali ja järgnevat signaali kui valesignaali**. Selline olukord on väga tavaline ühelt korruselt teisele korrusele liikumisel, kus mingil momendil tuvastavad liikumist mõlemal korrusel paiknevad liikumisandurid. Sellisel juhul mudel lihtsalt eelistab seda korrust, kuhu inimene on parasjagu liikumas.

Kui **antud signaalile eelnev ja järgnev signaal on pärit erinevatest ruumidest**, siis vaadatakse, kuidas saab eelneva ja järgneva signaali ruumide vahel liikuda.

1. Kui nende ruumide vaheline liikumine on praegust ruumi kasutamata võimalik, siis väidetakse, et **praegune signaal on valesignaali** ja seda lõpptulemustes ei kajasta.
2. Kui aga eelnevast toast ei anna otse minna järgnevasse tuppa, siis ilmselt on praeguse toa korraks läbimine vajalik ja see on ka lõpptulemuses kajastatud.

Sellega on esmaste ruumide ennustamise osa lõppenud. Antud faasi lõpptulemuste näidet saab vaadata tabelist 8. Algsete ennustuste tegemisega sai kaotatud 14:23:51 toimunud kabineti valesignaali ja ka 14:40:17 toimunud esimese korruse koridori valesignaali. Lisaks sellele sai likvideeritud ka 14:26:40 lähistel sekunditel korruste vahetamisel tekkinud segadus.

## **4.5 Tuvastustesse liikumisanduriteta ruumide saamine**

Algsed ennustused pole veel täiuslikud, kuna majas on mitmeid ruume, mis pole kaetud. Seetõttu lisatakse mudelisse reegleid, mis oleksid võimalised ennustama, millal inimene viibis treppidel, esikus, teises magamistoas või tualetis. Asukohtade määramiseks vaadatakse olemasolevad ennustused ridade kaupa läbi ja tehakse otsus, kas kahe olemasoleva ennustuse vahele peaks midagi lisama.

Antud alampeatükis tuuakse välja liikumisanduriteta ruumide lisamise tingimused. Ennustuste tegemisel käiakse seni olemasolevad ennustused läbi ühe korra ja olemasolevatesse ennustustesse tehakse vajalikud muudatused. Pärast liikumisanduriteta ruumide lisamist saadud ennustusi saab vaadata tabelist 9.

### **4.5.1 Tualeti ja teise magamistoa lisamine**

Tualett asub maja teisel korrusel. WC-sse saamiseks peab inimene olema eelnevalt kindlasti teise korruse koridoris. Tualeti lisamiseks pööratakse tähelepanu ainult teise korruse koridoris viibimisele. Selleks, et hakata WC-d lõpptulemustesse lisama,

vaadatakse, kas inimese koridoris viibitud aeg sekundites on suurem kui parameetri *landing\_dur\_for\_toilet\_try* väärtus. Eelnev parameeter näitab minimaalset aega, kui kaua peab inimene koridoris viibima, et oleks üldse tema tualetis käimine võimalik. Kui inimene oli koridoris lühemalt kui eelnimetatud parameetri väärtus, siis ta kindlasti tualetti ei külastanud. Kui aga inimene oli piisavalt kaua koridoris, siis me hakkame edasisi võrdlusi tegema.

Tabel 9. väljund pärast liikumisanduriteta ruumide lisamist

<b>Ruumi sisenemise aeg</b>	<b>Ruum</b>
2050-01-01 13:45:04	elutuba
2050-01-01 14:23:52	koridor1
2050-01-01 14:23:55	trepp
2050-01-01 14:24:02	koridor2
2050-01-01 14:24:11	WC
2050-01-01 14:26:14	koridor2
2050-01-01 14:26:24	magamistuba
2050-01-01 14:26:34	koridor2
2050-01-01 14:26:37	trepp
2050-01-01 14:26:46	koridor1
2050-01-01 14:26:49	köök
2050-01-01 14:34:00	koridor1
2050-01-01 14:34:04	elutuba
2050-01-01 14:34:18	koridor1
2050-01-01 14:34:20	köök
2050-01-01 14:40:49	koridor1
2050-01-01 14:40:55	elutuba
2050-01-01 14:41:26	koridor1
2050-01-01 14:41:35	elutuba

Nüüdseks on teada, et inimene on piisavalt kaua koridoris olnud, et ta võiks tualetti külastada. Seejuures tekib probleem, et ta võib tegelikult ka teises magamistoas olla. Magamistoas paikneva temperatuuri, õhurõhku ja õhuniiskust mõõtva seadme järgi ei suudeta otsustada, kas inimene viibis seal või mitte ja liikumisandururid selle probleemi juures ei aita. Sellises olukorras on tehtud inimese kohta eeldus, et kuna inimene pole

märgendatud perioodi jooksul kordagi teises magamistoas käinud, siis ta ilmselt ei külasta seda ruumi ka edaspidi. Inimesel on ikkagi komme käituda harjumuspäraselt ja kui tal on magamiseks eraldi tuba olemas, siis tal ei ole mingit vajadust minna vahepeal teise magamistuppa.

Eelnevast tulenevalt on ennustamise reeglid ehitatud selliselt, et kui liikumise signaal on koridorist mõneks ajaks kadunud, siis inimene ilmselt on tualetis. Samas mõeldes inimese elule, siis inimene pole kunagi tualetis väga kaua. See tähendab, et meil on võimalik luua mingisugune piir, mis hetkest alates on inimene tõenäoliselt magamistoas ja mitte tualetis. Seda piiri kirjeldab meetodi parameeter *min\_bedroom2\_visit*. See näitab kui kaua pidi inimene olema koridorist kadunud selleks, et ennustamise süsteem pakuks tema asukohaks magamistuba.

Tulles tagasi olukorra juurde, kus kontrolliti, kas inimene on olnud koridoris piisavalt kaua, et ta saaks tualetis olla. Kui see tingimus on täidetud, siis hakatakse vaatama, kas inimene võis tegelikult ka WC-s või magamistoas olla. Selleks vaadatakse koridori liikumisanduri signaale rida rea kaupa. Sealt annab välja lugeda täpse sekundite arvu, kui kaua inimese liikumise signaali ei tuvastud. Nüüd hakatakse seda kadunud oldud aega võrdlema parameetriga *min\_bedroom2\_visit* ja *min\_toilet\_visit*. Antud olukorras on teine parameeter meile uus ja näitab kui mitu sekundit ei tohi koridoris signaali olla selleks, et mudel ta tualetis viibimist ennustaks.

Esmalt vaadatakse alati, kas signaalide paus on piisavalt pikk, et inimene võis viibida teises magamistoas. Kui paus on piisavalt pikk, siis ennustataksegi inimese teises magamistoas viibimist selles liikumisandurite pauside vahemikus. Kui paus on lühem, siis vaadatakse, kas inimene võis asuda tualetis.

Selleks, et me saaks inimese WC-sse paigutada me võrdleme signaalideta ajapikust parameetriga *min\_toilet\_visit*. Kuikoridoris signaalideta osa pikkus on lühem kui *min\_toilet\_visit* väärtus, siis me ennustusse ka tulaetti ei kajasta. Kui aga liikumise signaali piisavalt pikalt koridoris ei tuvastatud, siis tualett on tulemustes kajastatud. Vahest juhtub selliseid olukordi, kus koridorist saadud liikumisanduri signaalide põhjal leidub selliseid hetki rohkem kui üks, kus eelnevalt mainitud tingimuste põhjal inimene võiks tualetis olla. Kuna inimesed üldiselt ei lähe tualetti mõne minuti jooksul mitu korda, siis sellistes olukordades arvestatakse kõiki koridorist saadud vahepealseid signaale valesignaalidega. Sellega muudetakse inimese tualetis oleku aega pikemaks. Vaadeldes märgendatud inimese tegevusi ja vastaval ajal toimunud liikumisandurite signaale, siis saadakse suhteliselt hea täpsusega ennustus. See tähendab seda, et mingil põhjusel on

need üsna tavalised olukorrad, kus koridori liikumisandur tuvastab lühiajalise liikumise sellisel hetkel, kus inimene tegelikult peaks tualetis olema.

Viimaseks ennustamise probleemiks on see, mis kell inimene täpselt WC-sse astus ja millal ta sealt välja tuli. Selleks on meetodil parameetrid *toilet\_delay* ja *toilet\_end\_delay*. Parameeter *toilet\_delay* määrab ära mitu sekundit pärast koridorist signaali kadumist inimene tualetti sisenes. Parameeter *toilet\_end\_delay* väljendab mitu sekundit on ennustustes tualetist välja jõudmist nihutatud võrreldes taas regulaarseks muutunud koridorist saadud liikumise signaali algusega. Negatiivse väärtusega muudetakse ennustust varasemaks.

#### 4.5.2 Esiku lisamine

Esikuks on nimetatud maja välisukse juures olevat kohta. Seega kui ennustuste mudel pakub inimese asukohaks esikut, siis järelikult inimene väljus majast. Päris täpset majast väljumise ja majja sisenemise hetke pole võimalik kindlaks teha.

Esikuni annab jõuda ainult läbi koridori. Seega esikus viibimist on võimalik ennustada, kui inimene on esimese korruse koridoris viibinud kauem kui ühest toast teise liikumine aega võtaks. Selle hindamiseks, kas inimene võis esikusse minna on parameeter *hall\_dur\_for\_porch\_try*, mis näitab kui kaua peab inimene minimaalselt koridoris viibima, et esikusse minek oleks võimalik.

Kui on teada, et inimene viibis koridoris piisavalt kaua, siis võis ta vahepeal majast lahkuda. Sel juhul võetakse appi koridori kaamera andmed. Antud andmetest saab ülevaate, millal viibis inimene kaamera vaateväljas.

Kaamera andmeid analüüsitakse ja igal real jälgitakse aega. Kui kahe rea vahel tekkinud ajavahe on suurem kui parameetri *min\_porch\_visit* väärtus, siis järelikult läks inimene esikusse. Esikusse minemise täpse aja määramiseks võetakse kasutusele parameeter *porch\_delay*. Selle põhjal nihutatakse ennustustes esikusse astumise aega sellest hetkest, kui inimene kaamera vaateväljas enam ei viibinud. Koridori sisenemise hetke määramiseks vaadatakse ajahetke, millal kaamera uuesti liikumise salvestas. Ennustuses täpse aja määramiseks lisatakse antud hetkele parameetri *textitporch\_end\_delay* väärtus.

Tegelikult on antud majas üks võimalus veel, kuidas inimene esikusse minna saab. Kui inimene paikneb eelnevalt elutoas, siis oli tal võimalik liikuda sealt koridori ja edasi esikusse nii, et koridori liikumisandur liikumist ei tuvasta. Selleks on ennustuste mudelisse lisatud veel üks võimalus esikusse minemise ennustamiseks.

Selles olukorras vaadatakse elutoas viibitud ajal kõik kaamerate andmed ridade kaupa läbi. Esmalt määratakse koridori astumise aeg. Kasutatakse parameetrit *min\_lounge\_time*, mis näitab mitu sekundit pidi inimene elutoas minimaalselt viibima enne, kui ta ennustuste põhjal võis koridori astuda. Kui leitakse koridori astumise aeg (koridoris paiknev kaamera nägi inimest), siis käsitletakse edasist olukorda samamoodi nagu eelnevalt koridorist esikusse minekut. Kui leitakse, et on olemas reaalne võimalus, et inimene läks majast välja, tehakse viimane kontroll. Kui ennustatud koridori astumise, sealt esikusse mineku ja esikust tagasi koridori tuleku ajal pole liikumisandur elutoas liikumist tuvastanud, siis on antud ennustused ka lõpptulemuses kajastatud. Kui aga samal ajal toimus elutoas mingi liikumine, siis jäädakse selle ennustuse juurde, et inimene viibis elutoas.

Kaamera informatsioonis on olemas oletatav inimese asukoht ruumis. Teoorias võiks nii määrata inimese asukohta, kuid see on kellegi teise koodi põhjal tehtud ennustus ja seega sai otsustatud kasutada ainult informatsiooni, kas inimene oli kaamera vaateväljas või mitte.

### 4.5.3 Trepi lisamine

Trepp ühendab majas esimese ja teise korruse koridori. Seega lisatakse trepp lõpptulemusse ainult olukordades, kus inimene liikus ühelt korruselt teisele. Esimeselt korruselt teisele minek ja teiselt korruselt esimene minek on koodis kaetud eraldi (vaata algoritmi 6).

Kui inimene liikus esimeselt korruselt teisele, siis trepile astumise aja määramiseks kasutatakse parameetrit *ground\_to\_first\_stairs\_delay*, mis näitab mitu sekundit enne olemasolevate ennustuste korruste vahetust inimene astus trepile. Selleks, et treppidele astumine toimuks enne kui algsetes ennustustes korrus muutuks, tuleb kasutada negatiivset parameetri väärtust. Trepil olemise lõpuaja määramiseks tuleb kasutusse parameeter *ground\_to\_first\_landing\_delay*, mis näitab mitu sekundit pärast algsete ennustuste korruse muutumise hetke inimene realselt teise korruse koridori jõudis.

Teiselt korruselt esimesele liikumine toimub analoogiliselt esimeselt korruselt teisele liikumisega. Ka siin vaadatakse ajahetke, millal teise korruse ennustus muutus esimese korruse ennustuseks. Antud juhul kasutatakse treppidele astumise ajahetke ennustamiseks parameetrit *first\_to\_ground\_stairs\_delay*, mis näitab mitu sekundit enne korruse muutust inimene treppidele astus. Esimesele korrusele jõudmise täpse algusaja ennustamiseks

tuleb appi parameeter *first\_to\_ground\_hall\_delay*, mis näitab kui kaua kulus inimesel sekundeid selleks, et algsete ennustuste korruse ülemineku hetkest jõuda reaalselt esimesele korrusele.

Liikumisandurite informatsiooni põhjal on võimalik ka teise korruse vannitoast otse esimese korruse koridori saada. See tähendab seda, et pärast vannitoast väljumist teise korruse koridoris paiknev liikumisandur ei tuvasta vannitoast otse trepile minekut. Selleks, et ennustused oleksid realistlikumad on ka siia vahele lisatud trepp. Sellises olukorras trepi lisamiseks on loodud parameetrid *bath\_to\_ground\_stairs\_delay* ja *bath\_to\_ground\_hall\_delay*, mis aitavad määrata ennustuses olevat trepile astumise aega ja ka esimese korruse koridori jõudmise aega. Põhjus, miks siia vahele pole lisatud ka teise korruse koridori on selles, et märgendatud failides pole kordagi vannitoast esimesele korrusele minekul teise korruse koridori vahepeal märgitud (trepp on märgitud). Sellega on muudetud ennustused märgendustele sarnasemaks, mis võimaldab hilisemalt paremini tulemuste täpsuse analüüsi teha.

## 4.6 Kõikide ennustuste aja nihutamine

Nüüdseks on saadud vajalikud ennustused. Kuna olemasolevaid märgendeid tegeliku inimese ruumides viibimise kohta on võrdlemisi vähe, siis on jäetud võimalus kasutajal ennustuste aegade kohendamiseks. Igaüks saab ennustuste aegu muuta enda arvamuste järgi. Selleks on ennustamise meetodis lisatud erinevaid parameetreid:

1. *study\_to\_hall\_change* - muudab kõiki kabinetist esimese korruse koridori jõudmise algusaegu vastavalt väärtusele.
2. *kitchen\_to\_hall\_change* - muudab kõiki köögist esimese korruse koridori jõudmise algusaegu vastavalt väärtusele.
3. *lounge\_to\_hall\_change* - muudab kõiki elutoast esimese korruse koridori jõudmise algusaegu vastavalt väärtusele.
4. *lounge\_change* - muudab kõiki elutoa algusaegu vastavalt väärtusele.
5. *study\_change* - muudab kõiki kabineti algusaegu vastavalt väärtusele.
6. *kitchen\_change* - muudab kõiki köögi algusaegu vastavalt väärtusele.



Tabel 10. väljund pärast ennustuste aegade muutmist

<b>Ruumi sisenemise aeg</b>	<b>Ruum</b>
2050-01-01 13:45:04	elutuba
2050-01-01 14:23:51	koridor1
2050-01-01 14:23:55	trepp
2050-01-01 14:24:02	koridor2
2050-01-01 14:24:11	WC
2050-01-01 14:26:14	koridor2
2050-01-01 14:26:24	magamistuba
2050-01-01 14:26:35	koridor2
2050-01-01 14:26:37	trepp
2050-01-01 14:26:46	koridor1
2050-01-01 14:26:50	köök
2050-01-01 14:34:00	koridor1
2050-01-01 14:34:04	elutuba
2050-01-01 14:34:17	koridor1
2050-01-01 14:34:21	köök
2050-01-01 14:40:49	koridor1
2050-01-01 14:40:55	elutuba
2050-01-01 14:41:25	koridor1
2050-01-01 14:41:35	elutuba

7. *bath\_to\_landing\_change* - muudab kõiki vannitoast teise korruse koridori jõudmise algusaegu vastavalt väärtusele.
8. *bed\_to\_landing\_change* - muudab kõiki magamistoast teise korruse koridori jõudmise algusaegu vastavalt väärtusele.
9. *bed2\_to\_landing\_change* - muudab kõiki teisest magamistoast teise korruse koridori jõudmise algusaegu vastavalt väärtusele.
10. *bedroom\_change* - muudab kõiki magamistoa algusaegu vastavalt väärtusele.
11. *bedroom2\_change*, - muudab kõiki teise magamistoa algusaegu vastavalt väärtusele.

12. *bathroom\_change* - muudab kõiki vannitoa algusaegu vastavalt väärtusele.

Trepi, tualeti ja esiku aegade kohandamiseks on juba eelnevalt aegade nihutamise võimalustest räägitud. Seda saab teha algselt eelnimetatud kohtade ennustusi tehes. Kõikidest vaikimisi antud parameetrite väärtuseid saab näha lisast 2 ja nende vaikeväärtuste seletusi lisast 3.

Koodis vaadatakse kõik olemasolevad ennustused ridade kaupa üle. Alati pööratakse tähelepanu eelmisele ja hetkel vaadatavale ruumile. Seejärel otsitakse, milline parameeter on mõeldud olemasoleva ruumide vahetuse kirjeldamiseks ja muudetakse kellaega vastavalt parameetri väärtusele. Kui ruumide vahetus on selline, millega ei ole ükski eelnimetatud parameeter seotud, siis ennustuse kellaega ei muudeta. Pärast aegade nihutamist saadud tulemus on kuvatud tabelis 10.

#### **4.7 Tagastatava informatsiooni soovitud ajavahemikku viimine**

Nüüdseks on olemas kõik ennustused, mida kasutajale kuvatakse. Selleks, et saada ennustused vahemikku, mida kasutaja soovis, vaadatakse üle esimeste ja viimaste ennustuste ajad.

Esimese ennustuse kindlaks tegemiseks kustutatakse kõik ennustused, mille algusaeg on varasem kui kasutaja soovitud algusaeg. Alati jäetakse meelde viimati tehtud ennustus. Seda tehakse kuni ennustuse algusaeg on hilisem, kui kasutaja poolt soovitud ennustuste algusaeg. Sellise olukorra tekkimisel lisatakse eelnevalt kustutatud ennustus tagasi, kuid muudetakse selle algusaeg täpselt selliseks, millisest kellaajast alates kasutaja soovis oma ennustusi saada.

Ennustuste lõppaja korda saamiseks sooritatakse samasugune tegevuskava, mida tehtud algusaja paika saamisel. Tabelis 11 saab näha saadud lõpptulemusi.

#### **4.8 Tulemused ja nende analüüs**

Kogu eelnev protsess on vajalik lõpptulemuseni jõudmiseks. Ruumide ennustamise mudeli poolt saadud lõpptulemused on täpselt samad, mis saavutati eelmises alampeatükis (vaata tabelit 11). Nüüd on võimalus siia võrdluseks tuua ka projekti SPHERE poolt kirja pandud inimese tegelikud ruumides viibimise ajad tabelis 12.

Tulemuste saamiseks püütakse teha võimalikult üldiseid otsuseid. Selleks kasutatakse liikumisandurid ja esimese korruse koridoris paiknevat kaamerat. Protsessi alguses

kasutati inimese liikumise tuvastamiseks liikumisandurite andmete visualiseeringuid. Märgeandmete võrdlemine võeti kasutusse hiljem ja eelkõige probleemsete kohtade leidmiseks. Hilisemas faasis kasutati märgeandmed selleks, ennustuste aegasid võimalikult täpseks saada. Lõpptulemusena valmis küllaltki edukas ruumide tuvastamise mudel.

Tabel 11. Väljund pärast ennustuste sobivasse ajavahemikku viimine (lõplik väljund)

<b>Ruumi sisenemise aeg</b>	<b>Ruum</b>
2050-01-01 14:00:00	elutuba
2050-01-01 14:23:51	koridor1
2050-01-01 14:23:55	trepp
2050-01-01 14:24:02	koridor2
2050-01-01 14:24:11	WC
2050-01-01 14:26:14	koridor2
2050-01-01 14:26:24	magamistuba
2050-01-01 14:26:35	koridor2
2050-01-01 14:26:37	trepp
2050-01-01 14:26:46	koridor1
2050-01-01 14:26:50	köök
2050-01-01 14:34:00	koridor1
2050-01-01 14:34:04	elutuba
2050-01-01 14:34:17	koridor1
2050-01-01 14:34:21	köök
2050-01-01 14:40:49	koridor1
2050-01-01 14:40:55	elutuba
2050-01-01 14:41:25	koridor1
2050-01-01 14:41:35	elutuba

Kuna liikumisandurid annavad signaale korra sekundis, siis otsustati ka mudeli ennustusi anda sekundilise täpsusega. Ennustuste täpsemaks muutmisel on võimalus keskmiseid eksimusi veelgi vähendada, kuid nii täpsed ennustused ei ole otseselt vajalikud inimese liikumisteede mõistmiseks.

Tulemuste hindamiseks on läbi vaadatud kõik märgeandmete perioodid ja katkendlikult kõik ülejäänud andmed. Märgeandmete perioodide korral on tulemusi võrrel-

dud märgendustega. Kui nende erinevus on rohkem kui paar sekundit, siis on tähelepanu pööratud antud perioodi kohta olevatele andmetele. Andmetest on otsitud põhjuseid, miks mudeli poolt ennustatud tulemus on erinev märgendusest ja kas seda ennustust on võimalik loogiliselt lähenedes paremaks muuta.

Tabel 12. Sphere'i projekti poolt saadud tegelikud inimese asukohad

<b>Ruumi sisenemise aeg</b>	<b>Ruum</b>
2050-01-01 14:23:07.970000	elutuba
2050-01-01 14:23:51.10298	koridor1
2050-01-01 14:23:53.543973	trepp
2050-01-01 14:24:01.671645	koridor2
2050-01-01 14:24:09.970000	teadmata asukoht
2050-01-01 14:24:13.822916	WC
2050-01-01 14:26:12.425225	koridor2
2050-01-01 14:26:22.712228	magamistuba
2050-01-01 14:26:34.407492	koridor2
2050-01-01 14:26:37.975084	trepp
2050-01-01 14:26:45.324859	koridor1
2050-01-01 14:26:50.260475	köök
2050-01-01 14:34:00.892945	koridor1
2050-01-01 14:34:03.776525	elutuba
2050-01-01 14:34:17.054404	koridor1
2050-01-01 14:34:21.024356	köök
2050-01-01 14:40:49.918685	koridor1
2050-01-01 14:40:54.130053	elutuba
2050-01-01 14:41:25.205655	koridor1
2050-01-01 14:41:34.942766	elutuba

Märgendamata perioodide läbi vaatamisel on pööratud kogu tähelepanu mingil perioodil olevate andmete uurimisele ja vastaval ajal saadud ennustustele. Jälgitud on seda, kas programmi poolt saadud ennustus on mõistlik või annab olemasolevatest andmetest paremaid ennustusi saada.

**Tulemuste kirjeldamiseks on võrreldud läbi kõik märgendatud failid ja antud perioodil saadud ennustused.** Tabelis 13 on toodud tuvastuste arv, märgenduste arv

ning kattuvate tuvastuste ning märgendite korral on toodud ka keskmine eksimus.

Tabel 13. väljund pärast ennustuste aegade muutmist

Tuvastusi	Märgendusi	Keskmine eksimus
18	19	0,74
30	30	0,84
16	18	0,6
25	30	0,64
27	29	1,02
18	18	1,68
44	50	1,04
21	22	0,96
35	36	0,87
27	28	1,0
18	17	1,24

Põhjused miks märgenduste ja tuvastuste arvud erinevad:

1. märgendustes oli kirjas teadmata asukoht.
2. märgendustes oli kahe toa vahel liikumisel koridor märgendamata.
3. märgenduste järgi läks inimene momendiks mingisse ruumi.
4. inimene läks keldrisse, mida loodud mudel ei tuvasta.
5. teisel korrusel olles astus inimene märgendite järgi vannituppa minnes alati trepile, mida loodud mudel ei tuvasta.
6. inimene liikus kiiresti tubade vahelt, mida mudel ei suutnud tuvastada.

Toetudes märgendatud andmete ja ennustuste võrdlemisel saadud tulemustele, joonistub selgelt välja, et **mudel jääb hätta** nendes olukordades, kus inimene liigub otsese eesmärgita kiiresti erinevate ruumide vahel. Sellistes olukordades ei suutnud mudel anda kasutatavad ennustusi (esines 2 korda märgendatud perioodil).

**Mudel tuleb edukalt toime**, kui inimene väga kiiresti erinevate ruumide vahel ei liigu. Sellistel juhtudel on märgendatud andmete perioodil kaetud kõik ruumides viibimised, mis sai algselt eesmärgiks võetud. Enamus ennustused on väiksema eksimusega kui 2 sekundit. Aja määramisel on probleemsemateks kohtadeks osutunud

1. minemine elutoast esimese korruse koridori, kui inimene on liikumas esikusse.
2. teise korruse koridorist tualetti minek
3. tualetist teise korruse koridori minek

Enamasti suudab mudel neid hetki küllaltki täpselt pakkuda, kuid tuleb ette ka olukordi, kus mudel eksib umbes 10 sekundiga. Lisas 4 on välja välja toodud kahe päeva ennustused, milles kasutati algseid andmeid.

## 5 Tegevuste tuvastamine

Käesolevas peatükis selgitatakse, kuidas toimub lõputöö käigus tegevuste tuvastamine ja selleks kasutatakse reeglipärast lähenemist nagu ka ruumide tuvastamise puhul. Peatükis antakse ülevaade sisendist ja kirjeldatakse tegevuste tuvastamist üldiselt kui ka projekti SPHERE maja ruumides. Majas olevad ruumid on grupeeritud nii, et sarnaste oletuste lähenemisviisidega ruumid on paigutatud ühte alampeatükki. Peatüki lõpus tuuakse välja tegevuste tuvastamise tulemused ning analüüsitakse neid.

### 5.1 Sisend

Tegevuste tuvastamise mudel põhineb asukoha ennustamise mudelil ning keskkonna andmetel. See tähendab, et tegevuste ennustamiseks on vaja eelnevalt teada inimese asukohti ja andmeid mille põhjal tegevusi ennustada. Sellest tulenevalt antakse tegevuste ennustamise meetodile kaasa esimese parameetrina asukoha tuvastused. See informatsioon on vajalik, et mudel ennustaks ainult liikumisi ruumides, kus inimene on viibinud. Teise parameetrina lisatakse keskkonna andmed, mille põhjal luuakse tuvastused. Kolmanda ja neljanda parameetrina antakse mudelile tuvastamise alustamise ja lõppemise aeg. Aja formaat on täpselt samasugune, mis ruumide ennustamise mudelil.

Tegevuste ennustamise meetodil on veel mitmeid teisigi parameetreid. Kõik seni nimetamata parameetrid mõjutavad programmis toimuvaid otsuseid vajalike tingimusi muutes. Kuna iga inimese nägemus võib erineda teiste omast, siis parameetrite lisamisega tekib igal inimesel võimalus otsuseid mõjutada. Samas on olemas kõikidel seni nimetamata parameetritel vaikimisi määratud väärtus. See võimaldab inimesel saada ennustusi ainult nelja eelnevalt kirjeldatud kohustuslikku parameetrit kasutades. Kõikide parameetrite kasutusest on täpsemalt kajastatud järgmistes peatükkides, kus koodis toimuvad otsused on pikemalt lahti selgitatud.

### 5.2 Üldine lähenemine

Iga ruumi jaoks on eraldi defineeritud tegevuste ennustamise meetod. Kui inimene paikneb näiteks köögis, siis määrab tema oletatavaid tegevusi köögi tegevuste tuvastamise meetodeid. Seega, kui ruumide ennustamise mudel antud olukorras eksis, siis pole ka sellel mudelil võimalik tõest tegevuse tuvastust sooritada.

---

**Algoritm 3:** Tegevuste ennustamise üldine algoritm

---

**Sisend** : Kõik teguvuste määramiseks vajaliku parameetrid

**Väljund** : Tegevuste ennustamise lõpptulemus

```
1 tegevuste_tabel = ruumide_ennustuse_tabel;
2 iga rea korral tegevuste ennustustes:
3   preagune_ruum = reall saadud ruum;
4   ruumi_algusaeg = reall saadud aeg;
5   ruumi_lõppaeg = järgmiselt reall saadud aeg;
6   kui ruum == "elutuba" siis
7     | Lisa elutoa tegevusi;
8   kui ruum == "kabinet" siis
9     | Lisa kabineti tegevusi;
10  kui ruum == "kööök" siis
11  | Lisa köögi tegevusi;
12  | Ja nii tehakse kõikide ruumidega
13 tagasta tegevuste_tabel;
```

---

Koodis toimub tegevus selliselt, et kõik ruumide ennustused vaadatakse üksikshaaval läbi (vaata algoritmi 3). Alati vaadatakse antud ruumi algusaega ning järgmisest ruumi ennustusest võetakse ruumis viibimise lõppaeg. Seejärel pöördatakse meetodi poole, mis on mõeldud just praeguses ruumis toimuvate tegevuste tuvastamiseks. Sellised meetodid vaatavad saadud algusaega ja lõppaega ning tagastavad saadud ajavahemikus keskkonna andmete põhjal inimese tegevusi.

Edasi on kajastatud kõikide ruumide tegevuste tuvastamiste meetodid. Kõikide nende meetodite puhul on kasutatud seitset märgendatud faili, mille põhjal ennustused luua. Neli faili on jäetud saadud tulemuste hindamiseks.

### 5.3 Tegevuste ennustamine elutoas ja kabinetis

Elutoas ja kabinetis on võimalik saada informatsiooni liikumisandurite, õhutemperatuuri, õhuniiskuse, õhurõhu ja valguse kohta, kuid nende andmete põhjal on väga raske midagi inimese tegevuse kohta öelda. Ainus sensor, mis tegevustest informatsiooni annab on



liikumisandur. Kõik teised andmed on mõjutatud liialt teistest keskkonna teguritest, et neid inimese tegevustega seostada. Tabelis 14 saab näha näidet elutoa tegevuste tulemustest.

Tabel 14. Tegevuste tuvastamine elutoas

Tegevuse algusaeg	Ruum	Tegevus
2050-01-01 10:05:26	elutuba	aktiivne tegevus
2050-01-01 10:07:50	elutuba	mitteaktiivne tegevus
2050-01-01 10:08:56	elutuba	aktiivne tegevus
2050-01-01 10:11:05	elutuba	mitteaktiivne tegevus
2050-01-01 10:11:30	elutuba	aktiivne tegevus
2050-01-01 10:11:49	elutuba	mitteaktiivne tegevus
2050-01-01 10:12:34	elutuba	aktiivne tegevus
2050-01-01 10:12:54	elutuba	mitteaktiivne tegevus
2050-01-01 10:13:06	elutuba	aktiivne tegevus

**Liikumisandurite informatsiooni põhjal on lihtsalt öeldud, kas inimese tegevus on aktiivne või mitteaktiivne.** Koodis on selleks välja valitud kõik antud ruumis leitavad liikumisandurite signaalid, mis tuvastati antud vahemikus. Sellele võeti veel lisaks 2 sekundi liikumissignaale enne ruumis viibitud alguse aega ja 2 sekundit pärast lõppemise aega. Seda tehti sellepärast, et ruumide ennustamise mudelis võivad olla ajad nihutatud ning seeläbi võib kaotada olulist informatsiooni.

Liikumissignaale andmed vaadatakse rida rea kaupa läbi. Igal real vaadatakse signaali aega ja väärtust. Kui saadud signaali väärtus on 1, siis liikumine tuvastati ning hakati lugema, kui palju liikumise signaale tuleb lühikese aja jooksul. Selleks, et hinnata kas signaalid tulid piisavalt lühikese aja jooksul tuleb elutoa puhul appi parameeter *lounge\_activity\_break* (kabinei korral on parameetriks *study\_activity\_break*), mis näitab kui palju liikumist mitte tuvastavaid signaale tohib olla kahe liikumist tuvastava signaali vahel. Kui liikumist mitte tuvastavaid signaale tuleb rohkem kui eelnimetatud parameetri väärtus, siis alustatakse lühikese aja jooksul esinenud liikumissignaale lugemist algusest peale. Selleks, et tulemus oleks lõpuks kajastatud kui aktiivne tegevus, peab lühikese aja jooksul kokku loendatud liikumiste tuvastusi olema rohkem kui parameetri *lounge\_activity\_limit* väärtus. See parameeter kehtib elutoas toimuvate tegevuste määramisel. Kabinetis toimuva liikumise määramiseks kasutatakse parameetrit *lounge\_activity\_limit*.

## 5.4 Tegevuste tuvastamine magamistoas

Magamistoas on võimalik saada informatsiooni liikumisandurite, õhutemperatuuri, õhuniiskuse, õhurõhu ja valguse kohta. Ka selles ruumis on väga raske täpseid inimese tegevusi tuvastada. **Antud ruumis tuvastatavateks tegevusteks on aktiivne tegevus, passiivne tegevus, voodisse minek, voodist välja tulek ja hommikul kardinate akna eest võtmine.** Nende tuvastamiseks toimub liikumisanduri ja valguse anduri abil.

Liikumisandurite informatsiooni on esialgu kasutatud samamoodi nagu seda tehti elutoa ja kabineti tegevuste tuvastamisel. See tähendab, et esmalt loodi lihtsalt aktiivse ja mitteaktiivse tegevuse ennustused. Kasutades sellist aktiivsuse ennustust öisete andmete peal, tuleb hästi välja, et inimene oli öösel pikalt mitteaktiivne. See annab meile võimaluse öelda, et inimene magab. Kui ennustada inimese magamise perioodi, siis on keeruline tuvastada hetke, millal ta jäi magama ja millal ärkas. Inimene võib näiteks enne magama minekut rahulikult arvutis või telefonis omasid toimetusi teha ja ka see läheb mitteaktiivse tegevuse alla.

Aktiivsete perioodide põhjal saab öelda, millal inimene voodisse läks ja millal ta sealt välja tuli. Koodis eelnimetatud otsuse tegemiseks kasutatakse parameetrit *min\_bed\_time*. Selle parameetri väärtus näitab minutites, kui kaua pidi inimese tegevus olema mitteaktiivne, et mudel ennustaks voodis olemist. Voodisse minemise algusaja määramiseks võetakse pika mitteaktiivse perioodi algusaeg ja muudetakse olemasolev mitteaktiivne tegevus voodisse minemiseks. Voodis olemise lõppaja määramiseks otsitakse välja esimene aktiivsusperiood pärast voodisse minemist ja ennustatakse väljatulemise hetkeks üks sekund varasemat aega.

Magamistoas toimuvate tegevuste ennustamisel saab veel ennustada hommikust kardina akna eest äratõmbamist. Vaadates valguse muutumise graafikut võib hommikust kardina eest tõmbamist selgelt eristada. Koodis selle määramiseks on kasutatud parameetrit *curtains\_light\_change*, mis näitab kui palju peab kahe mõõtmise vahel valguse sensori näit minimaalselt muutuma, et inimene oleks võinud kardina eest võtta. Vajalik on veel parameeter *max\_night\_light*, mis näitab maksimaalset valgustaset enne kardina akna eest võtmist. Kui eelnevalt on valguse tase liiga kõrge, siis kardina eest võtmist ei ennustata. Lisaks on programmis arvestatud, et kardina eest võtmine saab toimuda ainult ajavahemikus 5:00 kuni 11:00. Antud ennustusega kaasneb oht, et inimene võis tegelikult tule põlema panna, kuid saadud andmete puhul tundub selline lähenemine edukalt töötavat. Tabelis 15 on toodud näide magamistoa tuvastuste kohta.

Tabel 15. Tegevuste tuvastamine magamistoas

<b>Tegevuse algusaeg</b>	<b>Ruum</b>	<b>Tegevus</b>
2050-01-01 00:52:09	magamistuba	aktiivne tegevus
2050-01-01 00:52:21	magamistuba	läks voodisse
2050-01-01 09:43:49	magamistuba	tuli voodist välja
2050-01-01 09:43:50	magamistuba	aktiivne tegevus
2050-01-01 09:45:19	magamistuba	võttis kardinad eest
2050-01-01 09:45:20	magamistuba	aktiivne tegevus
2050-01-01 09:46:09	magamistuba	mitteaktiivne tegevus
2050-01-01 09:46:18	magamistuba	aktiivne tegevus

## 5.5 Tegevuste tuvastamine köögis

Köök on koht, mida inimene kasutab söögi valmistamiseks ja söömiseks. Seega ei anna liikumisanduri põhjal aktiivse ja mitteaktiivse tegevuse tuvastamine olulist informatsiooni. Elektrisensoritest saadavad andmed ütlevad inimeste toimetuse kohta rohkem. Andmetest on võimalik leida pesumasina, mikrolaineahju, külmkapi ja rösteri elektrikasutust, mis võimaldavad tuvastada vastavate seadmete kasutusaegasid.

Külmkapi on võimalik tuvastada ukse lahti hoidmise aega. Vaadates külmkapi elektrimõõdiku näite, siis on näha ligikaudselt 10 vatist elektrikulu ukse avamise ja sulgemise vahelisel perioodil, mille abil oletused luuakse. Sellisel kujul ukse avamise aja määramine pole alati võimalik, sest külmkapp kasutab aeg-ajalt elektrit temperatuuri hoidmiseks. Külma õhu tootmise hetkel on alati voolu tarbimise tase kõrge ning nendel aegadel pole võimalik tuvastusi teha.

Pesumasina ja rösteri kasutamisel tuvastab mudel ainult alustamishetke. Selleks vaadatakse, millal elektrikulu ületab nulli. Andmetest annab ka välja lugeda, millal seade töö lõpetas, kuid see ei näita inimese tegevuse kohta midagi ja seega on lõpptulemuses kajastatud ainult masina tööle panemise hetk.

Mikrolaineahju puhul on võimalik tuvastada, millal inimene toidu ahju pani ja millal sealt välja võttis. Mikrolaineahju ukse avamise järel tekib koheselt umbes 10 vatine elektrikasutus, mille alusel saab kindlaks teha toidu sisse panemise hetke. Järgmisena saab kindlaks teha mikrolaineahju tööle panemise hetke, millega tõuseb elektrikasutus oluliselt. Pärast toidu soojendamise lõppu on elektrikasutus taas 10 vati ümbrusesse kuni

söögi välja võtmiseni, mille abil saab tuvastada täpset ajahetke söögi välja võtmiseni.

Täpsete kasutusaegade määramisel on kõikide seadmete puhul toodud alustamishetk kolm sekundit signaali saamisest varasemaks, sest elektrisensorid näitavad praegust näitu iga kuue sekundi tagant ja vahepealse ajaga saab kõige täpsema tulemuse. Mikrolaineahjust toidu välja võtmise ajahetke määramisel nihutati samuti tuvastushetke kolm sekundit varasemaks. Külmkapi puhul nihutati ukse sulgemise hetke 10 sekundit varasemaks, sest sest märgenduste elektrinäiduga võrdlemise järgi kasutab seade voolu lühidalt ka pärast ukse sulgemist.

## **5.6 Tegevuste tuvastamine teistes ruumides**

Kõikides teistes siiani käsitlemata ruumides anti alati üks kindel tegevus. Mõlema korruse koridoris ja trepil määrati tegevuseks aktiivne liikumine. Lähtuti sellest, et inimene kasutab neid ruume ühest kohast teise liikumiseks ehk tegevus on alati aktiivne.

Nimetamata ruumides (esik, tualet, vannituba) määratakse tegevuseks alati teadmata tegevus. Esikus ja tualetis puuduvad andmed täielikult. Vannitoas on see-eest andmed olemas ning õhuniiskuse põhjal peaks olema võimalik ligikaudset pesemise aega tuvastada. See oletus jäi lõputöös tegemata, sest märgendatud perioodil ei käinud inimene kordagi pesemas, mille põhjal saaks analüüsida seoseid õhuniiskuse ja dušši kasutamise vahel hoone vannitoas.

## **5.7 Tulemused ja nende analüüs**

Kõikidele tegevuste tuvastustele ei ole võimalik täpset tulemust anda. Aktiivse ja mitteaktiivse tegevuse hindamine on väga subjektiivne. Antud lõputöös on võimalik aktiivsuse otsuseid mõjutavaid parameetreid muuta nii, et ühel juhul võib magades külje keeramine olla aktiivne tegevus. Teiste parameetrite väärtustega jällegi on vaja pikemaajalist aktiivset tegevust nagu näiteks riiete vahetamine. Vaikimisi parameetrite väärtuste määramisel prooviti leida vahepealset varianti.

Kardina akna eest ära tõmbamise kohta on samuti raske täpset hinnangut anda. Vaadates erinevate päevade hommikusi visualiseeringuid tunduvad ennustused asjakohased. Täpset hinnangut on aga raske anda, sest märgendatud perioodil juhtus seda ainult ühe korra, kus mudel selle täpselt tuvastas. Samas võib tegemist olla ka ülesobitamisega.

Inimese voodisse mineku ja voodist välja tuleku määramisel annab meetod vaikeväärtustega andmete peal loogilisi voodis viibimise aegu. Hommikuste ja õhtuste märgendus-

te põhjal tundub asi samuti toimivat, kuigi puudub kindel info, kas inimene käis vahepeal voodist väljas või mitte. Vaadeldes liikumisandurite signaalide visualiseeringuid ei saa ka kindlalt silmaga väita, kas saadud tulemused on ideaalsed, sest öösiti esineb küllatki palju liikumisanduri poolt tuvastatud liikumisi (silmaga ei anna eristada kui palju täpselt signaale saadi ning kas see peaks olema piisav tegevuse aktiivseks määramiseks).

Köögis paiknevad elektriseadmed on ainsad, mille täpsust mõningal määral arvuliselt hinnata saab. Võrreldes märgendatud andmeid oletatavate tulemustega võib näha, et enamasti jääb eksimus kolme sekundi piiresse. Külmkapi sulgemise hetke määramine on ainsana mõnevõrra raskem ja selle täpsused jäävad kümne sekundi piiresse.

## **6 Arutelu**

Lõputöö käigus valmis programm, mis on loodud ühes konkreetses majas töötamiseks. Selles peatükis antakse ülevaade, millisel määral ja kuidas saaks tehtud tööd kasutada teistes hoonetes.

### **6.1 Asukoha ennustamine teistes majades**

Kaheks esimeseks etapiks asukohtade tuvastamise süsteemil on ruumisensorite andmete selekteerimine ja liikumisanduritest saadud informatsiooni töötlemine. Neid etappe saab kasutada igas majas mitte midagi muutmata.

Järgmisena toimus esmane tuvastuste loomine ruumides viibimistest. Selles etapis tegeleti olukordadega, kus mitu liikumisandurit nägid inimest samaaegselt ning loodi esmased ennustused. Ebamääraste hetkede tuvastamiseks kasutatud koodi annab ka täielikult uues majas kasutada, aga parameetrite väärtused võivad vajada muutmist. Alates sellest etapist on abiks majaplaani tundmine.

Liikumisanduriteta ruumide lisamisel tuleb hoolikalt mõelda hoonele, milles tegevusi tahetakse tuvastada, arvestada täpselt liikumisandurite asukohtadega ning mõelda, kuidas saaks kõik vajalikud ruumid tuvastustes kaetud. Suure tõenäosusega saab kasutada olemasolevaid lähenemisviise. Kui liikumisandurid on olemas igas ruumis, siis ei pruugi seda etappi vaja minna, kuid arvestada tuleb, et teatud asukohtade muutused võivad olla võimalikud nii, et liikumisandur vahepealseid vajalikke signaale ei tuvasta. Selles etapis peab erilist tähelepanu pöörama maja ruumide ja liikumisandurite paigutusele ning vastavalt sellele otsuseid tegema.

Kõige lõpuks nihutatakse asukoha muutuste ajahetki. Selleks vaadatakse läbi kõik ühest ruumist teise minemised ning nihutatakse ruumide vahetamise aegasid (nt elutoast koridori minek). Igas majas võivad ruumide vahelised võimalikud liikumised erineda ning seega saab kasutada ainult lähenemist, mitte olemasolevat koodi.

### **6.2 Tegevuste tuvastamine teistes majades**

Igas majas peab esmalt mõtlema olemasolevale informatsioonile. SPHERE majas olevatest tegevuste tuvastamisest saab täielikult kasutada liikumisandurite põhjal loodud aktiivsete ja mitteaktiivsete tegevuste tuvastamist. Sellest tulenevalt on võimalik ka ma-

gamistoas voodisse mineku ja välja tuleku hetkesid tuvastada, kuid kardina akna eest võtmine on inimese ja maja spetsiifiline ning seda ilmselt kasutada ei saa.

Köögis paiknevate elektrisensorite abil loodud oletusi saab kasutada ka edaspidi. Selleks tuleb uurida seadmete erinevusi (nt külmkappide) ning vajadusel oletuste mudelit natuke korrigeerida.

## 7 Kokkuvõte

Bakalaureuse töö eesmärgiks oli tuvastada inimese liikumisteede ja oletada võimalikke tegevusi ruumides paiknevate andurite abil. Ruumides viibimise aega määrati kellaajaliselt liikumisandurite abil. Keskkonna andmetest ei olnud võimalik inimese tegevuste kohta detailset informatsiooni saada, kuid liikumisandurite põhjal võis oletada, kas tegevus on aktiivne või mitte. Magamistoast oli võimalik tuvastada lisaks tegevuse aktiivsusele ka voodisse minemise ja sealt välja tulemise aega ning hommikuti kardina akna eest äratõmbamise hetke. Köögis ei tuvastatud tegevuse aktiivsust, vaid külmkapi, mikrolaineahju, rösteri ja pesumasina kasutamise aega.

Programmist saadud oletuste ja inimese tegeliku liikumisteede võrdlemine näitas, et tulemused on üsna täpsed. Loodud tuvastamise mudel jäi hätta ainult nendel hetkedel, kus inimene kiiresti mööda maja ringi liikus ja viibis igas ruumis vaid paar sekundit. Kui inimene peatus ruumides pikemalt, tuvastati ruumides viibimised edukalt. Korreksete oletuste tegemisel eksis mudel enamasti vähem kui 2 sekundit. Keskmise eksimuse oli väiksem kui sekund. Harvadel juhtudel esines vääraid ajamääramisi 10 sekundi piires ja seda juhtus liikumisanduriteta ruumide tuvastamisel.

Tegevuste tuvastamise täpsust oli raskem hinnata. Kuna enamus oletusi näitas kas inimene on aktiivne või mitteaktiivne, muutis see hindamise subjektiivseks. Programmis jäeti võimalus muuta igas ruumis parameetrite väärtuseid ja saada seeläbi soovitud tulemusi. Parameetrite väärtuseid võis seada näiteks nii, et ühel juhul loetakse aktiivseks tegevuseks liikumisanduri põhjal ka magamise ajal külje keeramist. Samas teiste parameetrite väärtuste puhul loeti aktiivseks tegevuseks ainult neid tegevusi, kus inimene pidi ennast pikemajaliselt liigutama.

Praktilises töös selgus, et elektriseadmete kasutamise eksimused ei ületanud enamjaolt kolme sekundit, välja arvatud külmkapi ukse sulgemised, mis jäid kümne sekundi piiresse. Kuna seadmed annavad signaale 6 sekundi tagant, siis nende kasutusaegsid ei saanud väga täpselt määrata.

Kuigi lõputöös loodud programmi arendati ühe kindla maja jaoks, on võimalik olemasolevat koodi kasutada suurel määral ka teistes hoonetes inimese liikumisteede tuvastamiseks. Ainus hoone spetsiifiline osa on liikumisanduriteta ruumide lisamine. Teistes majades saab programmis toimivatest tuvastustest kasutada kõike peale hommikuti kardina eest tõmbamise. Samuti tuleb arvestada ka köögis paiknevate seadmete erinevusi projekti SPHERE majas olevatest.



Bakalaureusetöös valminud asukohtade ja tegevuste määramised on tehtud detailselt ning tulemusena saadi pikk nimekiri tuvastustest. Selle tulemusel on raske saada üldpilti. Üheks edasiarendamise võimaluseks on luua päevaseid tegevusi üldistav meetod, mis suudaks olemasolevatest tuvastustest kõige tähtsama selgelt välja tuua.

Teiseks edasiarendussuunaks on koguda rohkem märgendatud andmeid, mille põhjal annab selgemalt tegevusi tuvastada ja asukoha ennustuste täpsuseid parandada. Samuti omab projekt SPHERE lisaks ruumisensoritele veel palju teisigi seadmeid ning nende poolt kogutud andmeid. Kasutades lisaandmeid saab tuvastada rohkemaid tegevusi ning muuta tulemusi täpsemaks.

## Viidatud kirjandus

- [1] Ana Hristova, Ana M. Bernardos ja Jose R. Casar. *Context-aware services for ambient assisted living: A case-study*. 2008. Vaadatud (külastas 14.05.2018) allikast URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4712593/>
- [2] Priit Kruus jt. *Telemeditsiini laialdasem rakendamine Eestis*. 2014. Vaadatud (külastas 14.05.2018) allikast URL: [http://www.praxis.ee/fileadmin/tarmo/Projektid/Tervishoid/Telemeditsiini\\_laialdasem\\_rakendamine\\_Eestis\\_uuringuaruanne\\_01.pdf](http://www.praxis.ee/fileadmin/tarmo/Projektid/Tervishoid/Telemeditsiini_laialdasem_rakendamine_Eestis_uuringuaruanne_01.pdf)
- [3] *SHPHERE'i võistluse ülevaade*. 2016. Vaadatud (külastas 14.05.2018) allikast URL: <https://arxiv.org/pdf/1603.00797v2.pdf>
- [4] *SPHERE'i projekti kodulehekülg*. Vaadatud (külastas 14.05.2018) allikast URL: <http://www.irc-sphere.ac.uk/about>
- [5] Holger Storf, Martin Becker ja Martin Riedl. *Rule-based activity recognition framework: Challenges, technique and learning*. 2009. Vaadatud (külastas 14.05.2018) allikast URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5191170/>
- [6] *Veebileht computerhope.com*. Vaadatud (külastas 15.03.2018) allikast URL: <https://www.computerhope.com/issues/ch001356.htm>
- [7] *Veebileht pandas.pydata.org*. Vaadatud (külastas 14.05.2018) allikast URL: <https://pandas.pydata.org>
- [8] *Veebileht python.com*. Vaadatud (külastas 14.05.2018) allikast URL: <https://www.python.org>
- [9] *Veebileht r-project.com*. Vaadatud (külastas 14.05.2018) allikast URL: <https://www.r-project.org>
- [10] *Veebileht rstudio.com*. Vaadatud (külastas 14.05.2018) allikast URL: <https://www.rstudio.com/products/RStudio/>

## Lisad

### I. Ruumid ja nendes asuvad seadmed ning sensorid

Tabel 16. Ruumid ja nendes paiknevad seadmed ning sensorid

Ruum	Seadmed ja nende sensorid
Koridor1	Seade 1 - valguse, õhurõhu, õhuniiskuse ja 2 temperatuuri sensorit ning liikumisandur
Elutuba	Seade 1 - valguse, õhurõhu, õhuniiskuse ja 2 temperatuuri sensorit ning liikumisandur
	Seade 2 - õhurõhu, õhuniiskuse ja 2 temperatuuri sensorit
Kabinet	Seade 1 - valguse, õhurõhu, õhuniiskuse ja 2 temperatuuri sensorit ning liikumisandur
Köök	Seade 1 - valguse, õhurõhu, õhuniiskuse ja 2 temperatuuri sensorit ning liikumisandur
	Seade 2 - valguse, õhurõhu, õhuniiskuse, veekraani sooja vee, veekraani külma vee ja 2 temperatuuri sensorit ning liikumisandur
	Seade 3 - õhurõhu, õhuniiskuse ja 2 temperatuuri sensorit
	Seade 4 - külmkapi elektrisensor
	Seade 5 - mikrolaineahju elektrisensor
	Seade 6 - pesumasina elektrisensor
	Seade 7 - rösteri elektrisensor
Koridor2	Seade 1 - valguse, õhurõhu, õhuniiskuse ja 2 temperatuuri sensorit ning liikumisandur
Vannituba	Seade 1 - valguse, õhurõhu, õhuniiskuse ja 2 temperatuuri sensorit ning liikumisandur
Magamistuba	Seade 1 - valguse, õhurõhu, õhuniiskuse ja 2 temperatuuri sensorit ning liikumisandur
	Seade 2 - õhurõhu, õhuniiskuse ja 2 temperatuuri sensorit
Magamistuba2	Seade 1 - õhurõhu, õhuniiskuse ja 2 temperatuuri sensorit

## II. Aukoha tuvastamise meetodi parameetrid ja vaikeväärtused

Tabel 17. Aukoha tuvastamise parameetrid ja nende vaikeväärtused

Parameeter	Selgitus	Vaikimisi
env_data	Keskkonna andmed, mida kasutatakse ennustuste loomisel.	-
video_data	Video andmed, mida kasutatakse ennustuste loomisel.	-
start	Ennustuste algusaeg.	-
end	Ennustuste lõppaeg.	-
wrong_signal_count	Mitut järjestikku ühe liikumisanduri poolt märgatud liikumist koheldatakse kui võimalikku valesignaali.	2
landing_dur_for_toilet_try	Minimaalne teise korruse koridoris viibitud aeg, alates millest hakkab süsteem vaatama, kas inimene võis olla WC-s.	10
min_toilet_visit	Näitab, mitu sekundit peab inimene minimaalselt WC-s viibima. Ühtegi liikumise signaali ei tohi koridoris sellel ajal olla.	4
toilet_delay	Mitu sekundit on WC-sse sisenemise aega ennustustes muudetud pärast liikumisandurite põhjal saadud tulemuste saamist.	1
toilet_end_delay	Mitu sekundit on WC-st koridori siseneamise aega ennustustes muudetud pärast liikumisandurite põhjal saadud tulemuste saamist.	1

min_bedroom2_visit	Mitu sekundit peab inimene minimaalselt teises magamsitoas viibima, et ennustused pakuks WC asemel asukohaks teist magamistuba. Ühtegi liikumise signaali ei tohi koridoris sellel ajal olla.	1000
hall_dur_for_porch_try	Minimaalne esimese koridoris viibitud aeg, alates millest hakkab süsteem vaatama, kas inimene võis minna esikusse.	20
min_porch_visit	Näitab, mitu sekundit peab inimene minimaalselt esikus viibima. Ühtegi liikumise signaali ei tohi koridoris sellel ajal olla.	10
porch_delay	Mitu sekundit on esiku astumise aega ennustustes muudetud pärast liikumisandurite põhjal saadud tulemuste saamist.	2
porch_end_delay	Mitu sekundit on esikust koridori siseneamise aega ennustustes muudetud pärast liikumisandurite põhjal saadud tulemuste saamist.	0
min_lounge_time	Mitu sekundit peab inimene minimaalselt pärast elutuppa sisenemist koridoris olevast kaamera ulatusest väljas olema enne kui süsteem hakkab võimalikku elutoast koridori minekut uurima.	1
first_to_ground_stairs_delay	Mitme sekundi kaugusele tuleb trepile astumise hetk algsete ennustuste teiselt korruselt esimesele korrusele ülemineku hetkest.	-4
first_to_ground_hall_delay	Mitme sekundi kaugusele tuleb esimesele koridorile jõudmise hetk algsete ennustuste teiselt korruselt esimesele korrusele ülemineku hetkest.	6

ground_to_first_stairs_delay	Mitme sekundi kaugusele tuleb trepile astumise hetk algsete ennustuste esimeselt korruselt teisele korrusele ülemineku hetkest.	-4
ground_to_first_landing_delay	Mitme sekundi kaugusele tuleb teisele koridorile jõudmise hetk algsete ennustuste esimeselt korruselt teisele korrusele ülemineku hetkest.	3
bath_to_ground_stairs_delay	Mitu sekundit on muudetakse trepile astumise ennustust sellest hetkest kui vannitoast saadud liikumisandurite signaal asendub esimese korruse koridori liikumisandurite signaaliga.	-1
bath_to_ground_hall_delay	Mitu sekundit on esimese korruse koridori ennustust edasi lükatud, kui inimene liikus algsete ennustuste järgi vannitoast esimese korruse koridori.	8
study_to_hall_change	Mitu sekundit on kabinetist koridori jõudmise hetke ennustustes nihutatud.	0
kitchen_to_hall_change	Mitu sekundit on köögist koridori jõudmise hetke ennustustes nihutatud.	0
lounge_to_hall_change	Mitu sekundit on elutoast koridori jõudmise hetke ennustustes nihutatud.	-1
lounge_change	Mitu sekundit on elutuppa sisenemise aega nihutatud.	0
study_change	Mitu sekundit on kabinetti sisenemise aega nihutatud.	0
kitchen_change	Mitu sekundit on kööki sisenemise hetke ennustustes nihutatud.	1
bath_to_landing_change	Mitu sekundit on vannitoast koridori jõudmise hetke ennustustes nihutatud.	0
bed_to_landing_change	Mitu sekundit on magamistoast koridori jõudmise hetke ennustustes nihutatud.	1

bed2_to_landing_change	Mitu sekundit on teisest magamistoast koridori jõudmise hetke ennustustes nihutatud.	0
bedroom_change	Mitu sekundit on magamistuppa siseneamise hetke ennustustes nihutatud.	0
bedroom2_change	Mitu sekundit on teise magamistuppa sisenemise hetke ennustustes nihutatud	0
bathroom_change	Mitu sekundit on vannituppa sisenemise hetke ennustustes nihutatud	0

### III. Ruumide ennustamise parameetrite vaikeväärtuste selgitused

Parameetritele vaikimisi väärtuste valimiseks on pööratud tähelepanu märgendatud ruumide ennustusele. Selle käigus on testitud hulgaliselt erinevaid väärtuseid ja võrreldud saadud ennustusi märgendatud ruumides viibimistega. Edasises osas on kõigepealt ära selgitatud sellistele parameetritele määratud väärtused, kus võrdselt töötavate väärtuste hulk on suur.

Esiteks, me oleme määranud parameetrile *wrong\_signal\_count* vaikeväärtuse 2. Siia tuleb leida leida väärtus, mis ei hakkaks olulist informatsiooni ära kaotama, aga samas suudaks eemaldada valesignaale. Ennustusi tõeliste ruumides viibimisega võrreldes tunduvad hästi töötavat nii väärtused 1 kui ka 2. Valitud on kaks, kuna selle väärtusega probleeme ei ilmenunud ja selle väärtusega on ennustuste mudel võimeline lubama rohkem valesignaale, mis teatud olukordades esineda võib.

Teiseks, me oleme määranud parameetrile *landing\_dur\_for\_toilet\_try* väärtuse 10 ja parameetrile *min\_toilet\_visit* väärtuse 4. Antud väärtustega on kõik märgendatud tualettides viibimised edukalt ennustatud. See tähendab, et kõik korrad kui inimene viibis märgendite järgi tualetis on ka ennustused inimese tualetti määranud ja ühtegi vale tualeti ennustust pole tekkinud. Probleemiks tegelikult jääb see, et koridori liikumisandur tuvastab vahepeal päris pikalt liikumist ka siis, kui inimene juba on tualetis. Vaadates tegelikke ruumide märgendusi, siis on tegelikult kõik tualetis viibimised oluliselt pikemad kui minut. Antud väärtustega me anname mudelile võimaluse ka lühikesi tualeti külastamisi ennustada, mida võib millalgi vaja minna. Tegelikult on siia sobivaid väärtuseid võimalik

leida väga palju erinevaid.

Kolmandaks, me oleme valinud parameetrile *hall\_dur\_for\_porch\_try* väärtuse 20 ja parameetrile *min\_porch\_visit* väärtuse 10. Nendega me saame küllaltki edukalt verandal käike ennustada. Üldine põhimõte on siin täpselt sama nagu tualeti küllastamisegagi. Antud juhul on viibitud ajahetked määratud pikemaks kui tualeti küllastamisel sellepärast, et eeldatavasti on hetkeks tualetti astumine tõenäolisem kui hetkeks verandale minek. Ka siin on väga palju sobivaid parameetrite väärtuseid. Lisaks sellele on veel oluline parameeter *min\_lounge\_time*, mille väärtuseks on 1. Ka selle puhul on palju võimalikke valikuvõimalusi, kuid ühest väiksemad väärtused lubavad ennustustesse aeg-ajalt mitte sobivaid veranda ennustusi.

Neljandaks, me oleme valinud parameetrile *min\_bedroom2\_visit* vaikeväärtuse 1000. Sellel väärtusel ei ole konkreetset taustmõtet, miks just selline väärtus. See parameeter näitab kui kaua peab inimese signaal koridorist kadunud olema selleks, et me ennustaks ta asukohaks magamistuba. Samas alati kui on koridori signaal kadunud, siis inimene võib viibida ka tualetis. Kuna inimene märgenduste põhjal ei astunud kordagi teise magamistuppa ja suure tõenäosusega ei käi ta seal tihti ka teistel aegadel sageli selles ruumis, siis me eelistame alati lühemate käimiste korral tualetti. Antud parameeter annab lihtsalt võimaluse ennustada teist magamistuba, kui koridorist kadunud oldud aeg WC küllastamiseks liiga pikaks muutub.

Nüüdseks on kõik üldisemad parameetrid läbi vaadatud. Alles on jäänud need parameetrid, mis on kasutuses ennustustes täpse kellaaja määramiseks. Arvestada tuleb sellega, et märgendustel on väga täpsed kellaajad, mis on määratud 0,000001 sekundilise täpsusega. Inimene ei ole mitte kuidagi võimeline sellise täpsusega tõeseid tulemusi andma. Kuna teatud olukordades annab liikumisandurite informatsioonist välja lugeda selgelt esinevat liikumist, aga see ei kattu alati just kõige edukamalt märgenditega, siis näiteks populaarne erinevuse ruudu keskmine ei ole kõige otstarbekam vahend erinevuse kirjeldamiseks.

Selle asemel on lõputöö tegemisel kasutatud keskmist ajalist eksimust. Sellega me muudame oma tulemused vähem märgendamisest sõltuvaks. Lisaks on veel keskmise arvutamisel arvestamata jäetud mõned üksikud ebatavaliselt suured erinevused. Järgnevalt tulevate parameetrite väärtuste valimisel on minimaliseeritud keskmist eksimust ennustuste ja märgendite vahel.

Tualetiga seonduvate täpsete ennustuste kellaegade valimiseks on määratud parameetrile *toilet\_delay* väärtus 1. Sellega on saavutatud ligikaudseks keskmiseks tualetti



sisenemise eksimuseks 1,1 sekundit. Tualetist tagasi koridori astumise hetke täpseks ennustamiseks on kasutusel parameeter *toilet\_end\_delay*, mille vaikumisi väärtus on 1. Sellega on saavutatud keskmiselt ligikaudne eksimus 0,96 sekundit.

Verandaga seonduvate ennustuste tegemiseks on määratud parameetrile *porch\_delay* väärtus 1, Antud väärtusega tuli keskmiseks verandale astumise eksimuse ajaks ligikaudselt 0,6 sekundit. Tagasi tuppa tulemisel on abiks parameeter *porch\_end\_delay* väärtusega 0. Sellega on saavutatud verandalt tagasi esimesele koridorile sisenemisel ligikaudne keskmine eksimus 0,55 sekundit.

Treppidega seonduvuste ennustuste tegemisel on vaadatud eraldi mõlemat pidi võimalikku liikumist. Kui inimene liigub esimeselt korruselt teisele, siis on kasutuses parameetreid *ground\_to\_first\_stairs\_delay* (vaikeväärtusega -4) ja *ground\_to\_first\_landing\_delay* (vaikeväärtusega 3), mis andsid treppide ja teise koridori ennustuste ligikaudseteks keskmisteks vigadeks vastavalt 1,54 ja 0,92 sekundit. Teiselt korruselt esimesele liikumiseks on kasutuses *first\_to\_ground\_stairs\_delay* (vaikeväärtusega -4) ja *first\_to\_ground\_hall\_delay* (vaikeväärtusega 6). Niipidi liikumisel saadud ligikaudne keskmine viga treppide ennustamisel on 0,93 sekundit ja teise korruse koridori ennustamisel 0,75 sekundit. Lisaks on veel võimalus liikumisandurite järgi teise korruse vannitoast otse esimese korruse koridori jõuda. Sellisel juhul me lisame sinna vahele ka trepi, mille algusaja valimiseks on loodud parameeter *bath\_to\_ground\_stairs\_delay* vaikeväärtusega 1. Halli täpsema aja paika panekuks on *bath\_to\_ground\_hall\_delay* vaikeväärtusega 8. Ka antud parameetrid on valitud selliselt, et nad minimaliseeks keskmist eksimust. Kuna selliseid olukordi on märgendatud andmetes väga vähe, seega pole keskmist viga välja toodud.

Lisaks sellele on üritatud leida võimalikult head vaikumisi parameetrid esimesel korrusel olevate ruumide ennustamiseks. Esimese korruse koridori sisenemiseks vaadatakse, mis toast sisenemine toimub. Vaadates märgendeid, siis köögist koridori sisenemise aega ei ole mõistlik muuta. Elutoast koridori sisenemisel peaks aga koridori sisenemise ennustuse sekundi varasemaks tooma. Kabinetis käimise kohta oli nii vähe informatsiooni, et selle põhjal ei ole mõistlik hakata ennustuste aega mõjutama. Täpselt sama olukord tekib ka kabinetis astumisel, kus ei tehta sisenemisel mingeid ajalisi muudatusi. Elutuppa sisenemine ei vaja algusaja muutmist, kuid kõik köögi ennustused on mõistlik muuta sekundi võrra hilisemaks.

Teisel korrusel toimub kõik sarnaselt esimesele. Teise magamistoaga seoses ei saa mitte mingeid ennustusi teha, kuna inimene ei sisenenud sinna ruumi kordagi andmete märgendamise perioodil. Samuti vannitoaga seoses pole muudatusi tehtud, sest sinna

sattus inimene vähe kordi ja selle põhjal ei ole otstarbekas sisenemise aegu muutma hakata. Teiste ruumide vaheliste liikumiste põhjal võib ainult koridori sisenemised ühe sekundi võrra hilisemaks muuta, kui inimene tuli sinna magamistoaast.

## IV. Kahe päeva ruumide ennustused

2050-01-01 00:00:00 : magamistuba	2050-01-01 10:19:32 : köök
2050-01-01 08:46:09 : koridor2	2050-01-01 10:21:35 : koridor1
2050-01-01 08:46:11 : WC	2050-01-01 10:21:41 : elutuba
2050-01-01 08:52:45 : koridor2	2050-01-01 10:54:52 : koridor1
2050-01-01 08:52:46 : magamistuba	2050-01-01 10:54:56 : köök
2050-01-01 08:54:26 : koridor2	2050-01-01 10:55:20 : koridor1
2050-01-01 08:54:42 : vannituba	2050-01-01 10:55:22 : trepp
2050-01-01 09:23:13 : koridor2	2050-01-01 10:55:29 : koridor2
2050-01-01 09:23:20 : magamistuba	2050-01-01 10:55:35 : magamistuba
2050-01-01 09:23:55 : koridor2	2050-01-01 10:56:14 : koridor2
2050-01-01 09:24:03 : magamistuba	2050-01-01 11:00:32 : magamistuba
2050-01-01 09:25:49 : koridor2	2050-01-01 11:05:33 : koridor2
2050-01-01 09:25:51 : trepp	2050-01-01 11:05:34 : trepp
2050-01-01 09:26:00 : koridor1	2050-01-01 11:05:43 : koridor1
2050-01-01 09:26:02 : elutuba	2050-01-01 11:05:47 : elutuba
2050-01-01 09:26:20 : koridor1	2050-01-01 11:06:42 : koridor1
2050-01-01 09:26:24 : köök	2050-01-01 11:06:51 : trepp
2050-01-01 09:26:27 : koridor1	2050-01-01 11:06:58 : koridor2
2050-01-01 09:26:50 : köök	2050-01-01 11:07:02 : magamistuba
2050-01-01 09:40:38 : koridor1	2050-01-01 11:07:12 : koridor2
2050-01-01 09:40:43 : elutuba	2050-01-01 11:07:13 : trepp
2050-01-01 09:46:26 : koridor1	2050-01-01 11:07:22 : koridor1
2050-01-01 09:46:33 : koridor2	2050-01-01 11:07:27 : köök
2050-01-01 09:46:35 : magamistuba	2050-01-01 11:08:39 : koridor1
2050-01-01 09:46:52 : koridor2	2050-01-01 11:08:46 : elutuba
2050-01-01 09:46:53 : trepp	2050-01-01 11:09:16 : koridor1
2050-01-01 09:47:02 : koridor1	2050-01-01 11:09:23 : koridor2

2050-01-01 11:09:32 : WC	2050-01-01 18:49:23 : koridor2
2050-01-01 11:10:32 : koridor2	2050-01-01 18:49:27 : magamistuba
2050-01-01 11:10:33 : magamistuba	2050-01-01 18:50:18 : koridor2
2050-01-01 11:10:42 : koridor2	2050-01-01 18:50:22 : trepp
2050-01-01 11:10:49 : trepp	2050-01-01 18:50:31 : koridor1
2050-01-01 11:10:58 : koridor1	2050-01-01 18:50:35 : köök
2050-01-01 11:11:01 : esik	2050-01-01 18:52:22 : koridor1
2050-01-01 13:09:49 : koridor1	2050-01-01 18:52:28 : elutuba
2050-01-01 13:09:52 : trepp	2050-01-01 18:53:18 : koridor1
2050-01-01 13:09:59 : koridor2	2050-01-01 18:53:44 : elutuba
2050-01-01 13:10:01 : magamistuba	2050-01-02 00:31:36 : koridor1
2050-01-01 13:10:07 : koridor2	2050-01-02 00:31:40 : trepp
2050-01-01 13:10:17 : vannituba	2050-01-02 00:31:47 : koridor2
2050-01-01 13:17:50 : koridor2	2050-01-02 00:31:54 : magamistuba
2050-01-01 13:17:56 : magamistuba	2050-01-02 00:32:24 : koridor2
2050-01-01 13:19:25 : koridor2	2050-01-02 00:32:28 : trepp
2050-01-01 13:19:25 : trepp	2050-01-02 00:32:37 : koridor1
2050-01-01 13:19:34 : koridor1	2050-01-02 00:32:40 : köök
2050-01-01 13:19:36 : esik	2050-01-02 00:36:51 : koridor1
2050-01-01 15:29:03 : koridor1	2050-01-02 00:37:03 : trepp
2050-01-01 15:29:08 : köök	2050-01-02 00:37:10 : koridor2
2050-01-01 15:33:28 : koridor1	2050-01-02 00:37:14 : WC
2050-01-01 15:33:50 : elutuba	2050-01-02 00:37:21 : koridor2
2050-01-01 18:44:41 : koridor1	2050-01-02 00:37:23 : magamistuba
2050-01-01 18:44:46 : köök	2050-01-02 00:37:47 : koridor2
2050-01-01 18:44:55 : koridor1	2050-01-02 00:37:51 : WC
2050-01-01 18:44:58 : trepp	2050-01-02 00:39:36 : koridor2
2050-01-01 18:45:05 : koridor2	2050-01-02 00:39:38 : magamistuba
2050-01-01 18:45:13 : WC	2050-01-02 00:40:09 : koridor2
2050-01-01 18:48:37 : koridor2	2050-01-02 00:40:11 : WC
2050-01-01 18:48:50 : magamistuba	2050-01-02 00:43:44 : koridor2
2050-01-01 18:49:05 : koridor2	2050-01-02 00:43:57 : trepp
2050-01-01 18:49:09 : trepp	2050-01-02 00:44:06 : koridor1
2050-01-01 18:49:18 : koridor1	2050-01-02 00:44:19 : trepp

2050-01-02 00:44:26 : koridor2	2050-01-02 10:16:01 : koridor1
2050-01-02 00:44:34 : magamistuba	2050-01-02 10:16:06 : köök
2050-01-02 00:51:13 : koridor2	2050-01-02 10:17:02 : koridor1
2050-01-02 00:51:18 : trepp	2050-01-02 10:17:08 : elutuba
2050-01-02 00:51:27 : koridor1	2050-01-02 10:17:33 : koridor1
2050-01-02 00:51:30 : elutuba	2050-01-02 10:17:47 : esik
2050-01-02 00:51:52 : koridor1	2050-01-02 12:30:53 : koridor1
2050-01-02 00:51:56 : trepp	2050-01-02 12:30:58 : köök
2050-01-02 00:52:03 : koridor2	2050-01-02 12:32:18 : koridor1
2050-01-02 00:52:09 : magamistuba	2050-01-02 12:32:36 : trepp
2050-01-02 09:46:38 : koridor2	2050-01-02 12:32:43 : koridor2
2050-01-02 09:46:39 : WC	2050-01-02 12:32:45 : magamistuba
2050-01-02 09:49:48 : koridor2	2050-01-02 12:33:09 : koridor2
2050-01-02 09:49:49 : magamistuba	2050-01-02 12:33:11 : WC
2050-01-02 09:50:09 : koridor2	2050-01-02 12:36:39 : koridor2
2050-01-02 09:50:12 : trepp	2050-01-02 12:36:40 : magamistuba
2050-01-02 09:50:21 : koridor1	2050-01-02 12:37:21 : koridor2
2050-01-02 09:50:27 : köök	2050-01-02 12:37:32 : magamistuba
2050-01-02 10:01:20 : koridor1	2050-01-02 12:37:40 : koridor2
2050-01-02 10:01:25 : elutuba	2050-01-02 12:37:41 : trepp
2050-01-02 10:01:32 : koridor1	2050-01-02 12:37:50 : koridor1
2050-01-02 10:01:37 : köök	2050-01-02 12:37:54 : elutuba
2050-01-02 10:01:48 : koridor1	2050-01-02 14:23:51 : koridor1
2050-01-02 10:01:52 : elutuba	2050-01-02 14:23:55 : trepp
2050-01-02 10:04:11 : koridor1	2050-01-02 14:24:02 : koridor2
2050-01-02 10:04:13 : trepp	2050-01-02 14:24:11 : WC
2050-01-02 10:04:20 : koridor2	2050-01-02 14:26:14 : koridor2
2050-01-02 10:04:23 : magamistuba	2050-01-02 14:26:24 : magamistuba
2050-01-02 10:04:35 : koridor2	2050-01-02 14:26:35 : koridor2
2050-01-02 10:04:39 : trepp	2050-01-02 14:26:37 : trepp
2050-01-02 10:04:48 : koridor1	2050-01-02 14:26:46 : koridor1
2050-01-02 10:04:50 : esik	2050-01-02 14:26:50 : köök
2050-01-02 10:05:23 : koridor1	2050-01-02 14:34:00 : koridor1
2050-01-02 10:05:26 : elutuba	2050-01-02 14:34:04 : elutuba

2050-01-02 14:34:17 : koridor1	2050-01-02 20:44:58 : vannituba
2050-01-02 14:34:21 : köök	2050-01-02 20:45:31 : trepp
2050-01-02 14:40:49 : koridor1	2050-01-02 20:45:40 : koridor1
2050-01-02 14:40:55 : elutuba	2050-01-02 20:45:59 : köök
2050-01-02 14:41:25 : koridor1	2050-01-02 20:55:43 : koridor1
2050-01-02 14:41:35 : elutuba	2050-01-02 20:55:48 : elutuba
2050-01-02 17:59:07 : koridor1	2050-01-02 21:02:10 : koridor1
2050-01-02 17:59:12 : köök	2050-01-02 21:02:13 : trepp
2050-01-02 17:59:48 : koridor1	2050-01-02 21:02:20 : koridor2
2050-01-02 17:59:54 : trepp	2050-01-02 21:02:25 : magamistuba
2050-01-02 18:00:01 : koridor2	2050-01-02 21:02:52 : koridor2
2050-01-02 18:00:08 : WC	2050-01-02 21:02:55 : trepp
2050-01-02 18:02:05 : koridor2	2050-01-02 21:03:04 : koridor1
2050-01-02 18:02:12 : magamistuba	2050-01-02 21:03:07 : elutuba
2050-01-02 18:02:34 : koridor2	2050-01-02 21:04:17 : koridor1
2050-01-02 18:02:43 : vannituba	2050-01-02 21:04:33 : köök
2050-01-02 18:03:31 : trepp	2050-01-02 21:04:48 : koridor1
2050-01-02 18:03:40 : koridor1	2050-01-02 21:04:52 : trepp
2050-01-02 18:03:46 : köök	2050-01-02 21:04:59 : koridor2
2050-01-02 18:06:07 : koridor1	2050-01-02 21:05:04 : magamistuba
2050-01-02 18:06:20 : elutuba	2050-01-02 21:05:48 : koridor2
2050-01-02 18:06:32 : koridor1	2050-01-02 21:05:48 : WC
2050-01-02 18:06:37 : köök	2050-01-02 21:07:37 : koridor2
2050-01-02 18:06:46 : koridor1	2050-01-02 21:07:38 : magamistuba
2050-01-02 18:07:04 : trepp	2050-01-02 21:37:09 : koridor2
2050-01-02 18:07:11 : koridor2	2050-01-02 21:37:15 : vannituba
2050-01-02 18:07:14 : magamistuba	2050-01-02 22:10:08 : koridor2
2050-01-02 18:07:57 : koridor2	2050-01-02 22:10:26 : magamistuba
2050-01-02 18:08:00 : trepp	2050-01-02 22:52:28 : koridor2
2050-01-02 18:08:09 : koridor1	2050-01-02 22:52:34 : trepp
2050-01-02 18:08:13 : elutuba	2050-01-02 22:52:43 : koridor1
2050-01-02 20:41:06 : koridor1	2050-01-02 22:52:49 : köök
2050-01-02 20:41:25 : köök	2050-01-02 22:53:31 : koridor1
2050-01-02 20:44:48 : koridor1	2050-01-02 22:53:37 : esik

2050-01-02 22:53:56 : koridor1  
2050-01-02 22:54:22 : trepp  
2050-01-02 22:54:29 : koridor2  
2050-01-02 22:54:35 : magamistuba  
2050-01-02 23:03:02 : koridor2  
2050-01-02 23:03:12 : WC  
2050-01-02 23:10:04 : koridor2

2050-01-02 23:10:08 : magamistuba  
2050-01-02 23:10:20 : koridor2  
2050-01-02 23:10:22 : WC  
2050-01-02 23:11:43 : koridor2  
2050-01-02 23:11:43 : magamistuba

## V. Litsents

### **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, **Andreas Baum**,

1. **Reeglipõhine inimese asukohta ja tegevuste tuvastamine ruumisensorite järgi**, mille juhendaja on Meelis Kull,
  - 1.1 reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
  - 1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 14.05.2018