

Tartu Ülikool
Loodus- ja täppisteaduste valdkond
Ökoloogia ja maateaduste instituut
Geograafia osakond

Bakalaureusetöö geograafias (12 EAP)

Regulaarselt külastatavad kohad ja liikumissuunad Tartu linnas üliõpilaste ning töötajate näitel

Kristo Kask

Juhendajad: PhD Siiri Silm
PhD Amnir Hadachi

Tartu 2020

Abstrakt

Regulaarselt külastatavad kohad ja liikumissuunad Tartu linnas üliõpilaste ning töötajate näitel

Käesoleva töö eesmärgiks on Tartu linna tasandil leida Tartu Ülikooli tudengite ja töötajate regulaarselt külastatavad kohad ja peamised liikumissuunad. Lisaks uuriti põhilisi liikumissuundasid kellaajaliselt. Töös kasutatud andmed on kogutud nutitelefonide rakendusega MobilityLog Tartu ülikooli Mobiilsusuuringute labori poolt. Kasutatud on individipõhiseid GPS andmeid. Töös on kasutatud tihedusel põhinevat klasterdamise algoritmi DBSCAN inimeste regulaarselt külastatavate kohtade leidmisel. Seejärel viidi andmed üle võrgustikupõhisesse Pythoni moodulisse NetworkX, kus toimus liikumissuundade analüüs. Tartu ülikooli tudengite ja töötajate vahel leiti klasterdamise tulemusel 7 ühist tegevuskohta. Võrgustikuanalüüsist selgus, et põhilised liikumised toimuvad Tartu linna tsentris ja selle läheduses.

Märksõnad: mobiilpositsioneerimine, GPS andmed, regulaarsed tegevuskohad, võrgustik
CERCS kood: S230 – Sotsiaalne Geograafia

Abstract

Regularly visited places and main directions of movement in Tartu city based on university students and workers

The aim of this thesis is to find regularly visited places and main directions of movement in Tartu city based on University of Tartu's students and employees. In addition, main directions of movement were studied in regards of time. Data used in the thesis is collected by University of Tartu's MobilityLab with smartphone app MobilityLog. Individual GPS data have been used. Density-based clustering algorithm DBSCAN has been used to find places that people visit on a regular basis. The data was then transferred to the network-based Python module NetworkX, where the direction analysis was performed. As a result of clustering, 7 common locations were found between the students and employees of the University of Tartu. The network analysis revealed that the main movements take place in and near the center of Tartu.

Keywords: mobile positioning, GPS data, regular places, network

CERCS code: S230 – Social Geography

Sisukord

Sissejuhatus.....	4
1. Teoreetiline ülevaade	6
1.1 Tegevusruumi kontseptsioon	6
1.1.1 Tegevusruum ja individuaalsed ankurpunktid	6
1.1.2 Inimeste mobiilsuse mustrid ja seaduspärasused.....	7
1.2 Linnaruum ja tähendusrikkad kohad.....	9
1.2.1 Tegevuskohad linnas.....	9
1.2.2 Linnaruumi kasutamise ajaline varieeruvus.....	10
1.2.3 Võrgupõhised lähenemised linnasüsteemides.....	10
1.3 Meetodid regulaarsete kohtade ja liikumissuundade leidmisel	13
2. Andmed ja meetodika	15
2.1 Andmed.....	15
2.2 Meetodid	16
2.2.1 Ruumipunktide klasterdamine DBSCAN'iga.....	17
2.2.2 Liikumissoogude leidmine Network X'ga	17
2.2.3 Tööprotsessi kirjeldus	18
3. Tulemused.....	20
3.1 Regulaarselt külastatavad kohad.....	20
3.4 Põhilised liikumissuunad tegevuskohtade vahel.....	24
3.5 Liikumissuunad kellaajaliselt.....	27
Arutelu	32
Kokkuvõte.....	35
Summary	36
Tänuavaldused	37
Kasutatud kirjandus:	38

Sissejuhatus

Regulaarsus, tuntud ka kui etteaimatavus (*predictability*) on praeguse inimeste liikuvuse uurimise tuumaks. Inimesed veedavad märkimisväärse aja kodust eemal ning päevaste tegevuste juures ületatakse mitmeid administratiivseid piire (Kwan, 2013). Seejuures iseloomustavad inimeste igapäevast mobiilsust sügavalt juurdunud seaduspärasused/regulaarsused - seda nii ajalisest kui ruumilisest perspektiivist, sest inividid naasevad mõningatesse kohtadesse väga tihti: tööle, kooli või koju. Igal indiviidil on individuaalsed regulaarsed kohad, kus igapäevaselt liigutakse. Linnaruumis võivad need regulaarsed kohad ja liikumissuunad indiviididel tihtipeale ka ühised olla, sest linnaruum on kompaktne ning õppe- ja töö asutuste piirkonnad võivad inimgruppidel sageli ühised olla (näiteks õppehooned, kontoripinnad, tööstusrajoonid). Lisaks saavad individuaalsed esmased vajadused rahuldatud ühistes kohtades ja tihti ka samadel kellaaegadel (näiteks toitlustuskohad, piirkonna kaubanduskeskus, toidupood, ettevõtted). Lisaks liigutakse sageli kõige lihtsamalt läbitavaid ning lähemaid teid pidi (näiteks linnaruumi suuremad ristmikud, mida mööda pääsetakse erinevatesse linnaosadesse ja mis linnaosaid eraldavad).

Möödunud kümnend on pakkunud asukoha-tuvastuslike tehnoloogiate nagu Globaalne Positsioneerimise Süsteem (GPS) kättesaadavuse nutitelefonides, mis võimaldab suurepäraseid võimalusi kogumaks suurtes kogustes inimeste liikuvuse andmeid väga hea ajalis-ruumilise resolutsiooniga. Seda enam, et nutitelefone kasutatakse tänapäeval väga laialdaselt. Liikumised on võimalik jäädvustada geo-lokaliseeritud ja ajamärgiga punktidenä või pidevalt kui trajektooridenä, mis on järjestikuses geo-lokaliseeritud ja ajamärgiga punktid, sageli lisa informatsiooniga (Kuijpers & Vaisman, 2007).

Teadmised linnaruumi regulaarselt külastatavate kohtade ja põhiliste liikumissuundade osas on vajalikud eelkõige linnaplaneerimises, transpordiplaneerimises kui ka pandeemia/epideemia korral linnajuhtimises (Chen et al., 2016; Dobra et al., 2017; Entwisle, 2007; Hurvitz jt, 2014; Richardson jt, 2013;).

Üheks võimaluseks mobiilsus käitumise ajalisi ning ruumilisi mustreid kirjeldada, on seda teha läbi võrgustiku analüüsi. Kvantitatiivne võrgustikuanalüüs võimaldab leida tähtsamaid piirkondi, ühendusi nende vahel ja nende suundasid. Lisaks ka ühenduste varieeruvust ja seaduspärasusi. (Barthelemy, 2010)

Käesoleva uurimistö eesmärgiks on leida Tartu ülikooli üliõpilaste ning töötajate regulaarselt külastatavad kohad Tartu linnas ja tuvastada nende vahel toimuvate liikumiste peamised suunad. Lisaks leida ajalised erinevused ning sarnasused.

Töös on kolm peamist uurimisküsimust:

1. Millised on Tartu Ülikooli üliõpilaste ja töötajate regulaarselt külastatavad kohad Tartu linnas?
2. Millised on peamised liikumissuunad regulaarselt külastatavate kohtade vahel?
3. Kuidas erinevad liikumissuunad ajaliselt?

Töös leitakse GPS andmete alusel igapäevaselt tihti külastatavad kohad tihedusepõhist klasterdamist (*DBSCAN*) kasutades ning seejärel toimub liikumissuundade analüüs Pythoni võrgustiku moodulis NetworkX. Kogu andmetöötlus ja analüüs viidi läbi Pythoni keskkonnas.

1. Teoreetiline ülevaade

1.1 Tegevusruumi kontseptsioon

1.1.1 Tegevusruum ja individuaalsed ankurpunktid

Tegevusruumi mõiste on tekkinud sotsiaalteadustest (Golledge & Stimson, 1997) ning selle juured pärinevad ajageograafiast (*space-time-travel geography*), milles indiviidi liikumist ajas ja ruumis mõistetakse ajalis-ruumi prismadena (Hägerstrand, 1970). Tegevusruumi on mõtestatud erinevalt ning ringlevaid kontseptsioone on mitmeid. Mazey (1981) on inimese tegevusruumi defineerinud kui ala, milles inimesed liiguvad oma igapäevaste tegevuste juures. Golledge (1999) on tegevusruumi defineerinud kui indiviidi ruumilise käitumise moodsust, mis jäädvustab isiku füüsilisi kogemusi kohast igapäevase elu jooksul.

Dijst (2004) on välja pakkunud kolm tasandit indiviidi tegevusruumis, kus isiku (1) tajutav tegevusruum on laiem ruumiline sfäär, mis osaliselt või täielikult hõlmab ühte (2) potentsiaalset tegevusruumi, milles (3) tegelik tegevusruum täies ulatuses asub. Viimane tähistab igapäeva alusel külastatud tegevuskohti (näiteks töö ja kodu), mis määravad tegevuse struktuuri ning isiku liikumismustri. Sarnaselt on Golledge & Stimson (1997) välja pakkunud tegevusruumi kontseptsiooni, mis üldiselt tähistab tegevuskohti, millega individid on otseses kontaktis tänu enda igapäevastele tegemistele, mille hulka kuulub liikumine indiviidi tegevuskohtade vahel ja ümbruses. Viimased on indiviidi tegevusruumi juures välja toonud kolm määrajat: 1) kodu asukoht, 2) regulaarselt külastatavad tegevuskohad (*points of interest - POI*) nagu töökoht, toidupood, jõusaal, kino jms, 3) liikumine eri tegevuskohtade vahel ja ümbruses, näiteks regulaarselt külastatavate kohtade vaheliste liikumiste ajaline kestus. Nende faktorite kombineerimisel saab kirjeldada tegevusruumi arengut kui ka uurida põhjuseid ja tagajärgi inimeste igapäevases liikumis-käitumises. Eelnimetatud kontseptsiooni põhjal on Schönfelder & Axhausen (2010) välja pakkunud, et indiviidi tegevusruumi saab defineerida kuue elemendiga: kodu asukoht, kodus veedetav aeg, tegevuskohad kodu vahetus läheduses, liikumised piirkonnas, tihti külastatavate kohtade vahelised liikumised ning liikumised igapäevase elu tsentrites ja ümbrustes. Tegevusruumi kontseptsiooni on mõtestatud ka kui tavapäraste kohtade võrgustikku, mis viitavad võimaluste ning ligipääsetavuste struktuurile, ning mis on kindlaks määratud majapidamise strateegilise asukohaga (Flamm & Kaufmann, 2006) tänu tugevale seosele indiviidi sotsiaalse võrgustiku ning selle indiviidi tegevusruumi suuruse vahel (Lee & Kwan, 2011).

Sellegipoolest ei liigu inimesed ruumis suvaliselt. Tulenevalt vajadustest, eelistustest, teadmistest ning liikumise füüsilistest piirangutest, on indiviidi külastatavad kohad kontsentreeritud ühe, kahe või enama ankurpunkti ümber, mis on teekonna alg- ja lõpp-punktideks. Ankurpunktidel on materiaalne või sümboolne tähendus nende vahel liikuvatele indiviidile. Nendeks võivad olla kodu- ja töökoht, toidupood, lennujaam, turg või näiteks õppeasutus. Teatud ruumilise asukoha külastamise tõenäosus väheneb sõltuvalt selle kaugusest algsetest ankurpunktidest (nt. töö, kodu) ja sõltub oma suhtelisest positsioonist kõige sagedasemate päevaste liikumissuundade suhtes. Tegevusruumide kuju, struktuur ja ruumiline ulatus sõltuvad ankrute asukohtadest ja nende vahel ning ümber liigutud marsruutidest (Schönfelder & Axhausen, 2003).

On mitmeid lähenemisi kirjeldamiseks ja analüüsimeks inimeste igapäevaseid liikumisi ja külastatud kohti. Liikumisi ja külastatud kohti saab vaadelda indiviidist lähtuvalt kui ka inimestele üldistatult.

Isiku tegevusruumi saab iseloomustada: 1) tehes kindlaks ankurpunktide koguse ja ruumilise paigutuse; 2) identifitseerides asukohad, mida indiviid on tõenäoline külastama lisaks ankurpunktidele, ning eraldades need asukohad kohtadest, millega indiviid otseselt kokku ei puutu; 3) 2. punktis mainitud asukohti ruumiliselt kaardistades; 4) töötades välja meetmed, mis määravad kvantitatiivselt indiviidi tegevusruumi geomeetria ja ruumilise struktuuri. Sellised meetmed jäädvustavad mobiilsust indiviidi tasemel arvestades samal ajal teatud marsruutide eelistusi. (Chen & Dobra, 2018)

1.1.2 Inimeste mobiilsuse mustrid ja seaduspärasused

Inimeste igapäevast mobiilsust iseloomustavad sügavalt juurdunud seaduspärasused ja regulaarsused - seda nii ajalisest kui ruumilisest perspektiivist, sest indiviidid naasevad mõningatesse kohtadesse väga tihti (näiteks tööle või koju). Regulaarsus, tuntud ka kui etteaimatavus (*predictability*), on inimeste mobiilsuse uurimise tuumaks. Ruumiline regulaarsus, mis on tihedalt seotud inimeste ruumilise jaotusega, on pälvinud laialdast tähelepanu. (Gonzalez et al., 2008; Song et al., 2010)

Tõusev trend teaduslikus kirjanduses on fokuseerimine ajalisele kordusele või ajalisele regulaarsusele. Paljudes uurimustes on ajadimensiooni käsitletud ajalise skaalana, milles inimese mobiilsust vaadeldakse ja mõõdetakse (Brockmann et al., 2006), või kui ajalise

järjestusena, mille juures inimeste paigutus pannakse ajalisse järjestikku edasiseks uurimiseks (Song et al., 2010). Suuremaid edasiarenguid selles trendis on teiste hulgas näiteks “tuttavate võõraste” mõtestamine läbi ajalise regulaarsuse ühistranspordis (Sun et al., 2013), takso nõudluse ennustamine/etteaimamine ajas ja ruumis (Zhao et al., 2016).

Eri tüüpi mõõtmeid nagu näiteks teatud pikkuse tõenäosusjaotus (Sun et al., 2013; Yan et al., 2013), pöörde (*gyration*) raadiuse tõenäosusjaotus (Gonzalez et al., 2008) ja transiidivoogude intensiivsus (Dong et al., 2016) on arendatud andmaks vastuseid inimeste mobiilsuse regulaarsusest ruumilises ja ajalis-ruumilises dimensioonis. Lisaks on veel ajalise regulaarsuse valdkonnas mõõtmeid nagu absoluutne aja erinevus (*absolute time difference*) (Sun et al., 2013). Lisaks nendele mõõtmetele on palju laiemalt kasutusel olev mõõde entroopia, mis on analoog füüsikas kasutatavale entroopiale. Entroopia on pikka aega kasutusel olnud ruumi analüüsis ja uurimises ning seda kasutatakse inimese ruumilise või ajalis-ruumilise mobiilsuse etteaimatavuse kvantifitseerimiseks (Song et al., 2010).

1.2 Linnaruum ja tähendusrikkad kohad

1.2.1 Tegevuskohad linnas

Enamus linnaelanike igapäevaseid tegevusi ja liikumisi leiavad aset linnasiseselt. Linnaruumi mitmekesisuse aluseks on elu- ja töökohad ning nende paiknemine, kuna need soodustavad endaga seotud avaliku ruumi tekkimist (Stead & Marshall, 2001). Sellest tulenevalt on linnadel ka funktsionaalsused, mida kasutatakse ajaliselt väga erinevatel viisidel. Need saab jagada monofunktsionaalseteks ja multifunktsionaalseteks aladeks (Tallon & Bromley, 2004). Monofunktsionaalsed alad on inimestele atraktiivsed lühemal või kindlal ajaperioodil päeva jooksul nagu näiteks tööstusalad, õppekompleksid, kontori- ning büroopinnad, magalapiirkonnad, kus inimtegevus leiab aset teatud regulaarsetel kellaaegadel. Need erinevad multifunktsionaalsetest aladest, mida külastatakse ajaliselt pikemal ja mitmekesisemal perioodil. Multifunktsionaalseks alaks saab pidada linnapiirkondi, kuhu on näiteks koondunud peale büroo- ja kontoripindade ning teenusepakkujate ka elupinnad (majad, korterid) ja meelelahutusasutused. Tihtipeale on need alad kontsentreeritud just kesklinnadesse või suuremate linnade puhul ka linnaosade keskustesse (Tallon & Bromley, 2004). Kesklinn peaks olema erinevate tegevuste koondumiskoht, kus oleks elamine, poed, bürood, vaba aja veetmise ja meelelahutusvõimalused (Tallon & Bromley, 2004).

1990-ndatel levima hakanud niinimetatud “24 tunni linn” paneb rõhku mono- ja multifunktsionaalsete alade “segunevale kasutusele” ja kasutab linna öiseid tegevusi taktikana, pikendamaks linna kasutusaega, ning see on saanud võtmetähtsusega kontseptsiooniks linna ajalise dimensiooni juures (Bianchini, 1995). “24 tunni linna” kontsepti on kasutatud linnaplaneerimises kui ka arengustrateegiate väljatöötamisel, aitamaks toetada linna majandust (Lovatt ja O’Connor, 1995).

Inimestele üldistatud kohti käsitletakse teaduskirjanduses kui POI - *Point of Interest*, AOI - *Area of Interest* kui ka ebamäärane koht (*vague place*). Need kolm lähenemist on üksteisega teaduskirjanduses tihedalt seotud. POI esindab individuaalseid asukohti (näiteks restoran või maamärk), mis on inimeste huviorbiidis (McKenzie et al., 2015; Yoshida et al., 2010). AOI võib endas sisaldada mitmeid geograafilisi tunnusjooni nagu restoranid jalakäijate tänaval või mitmeid läheduses olevaid maamärke (Elias, 2003; Raubal & Winter, 2002). POI ja AOI erinevus tuleneb ka sellest, et POI-d visualiseeritakse punktipõhiselt, AOI-d aga üldjuhul polügoonina. Polügoonilikul esitlusel on omad hüved. Esiteks, lubab see uusi funktsionaalsusi, mis nõuavad ruumilist sidet. Näiteks, geograafilise teabe otsingu rakendused peavad sageli

pärima konkreetse piirkonna teabe kohta (Jones et al., 2008) ja AOI, mis esindab nende piirkondade piire, saab kasutada täpsema info otsimisel. Teiseks, on arvutuslikust perspektiivist lähtudes üldjuhul lihtsam toimetada polügoonidega kui punktide hulgaga (Akdag et al., 2014). Ebamäärase koha (*vague place*) kontseptsioon on AOI kontekstis tähtis. Kuigi ebakõlasid eksisteerib AOI linnalise ulatuse osas, siis Montello et al., (2003) on näidanud, et üldine üksmeel on tihti peale olemas n.ö. koha tuumala osas. Kui ebamääraseid kohti võidakse tihti nimetada rahvakeelselt (Hollenstein & Purves, 2010), siis AOI-del ei pruugi taolist nime olla tänu mitmete tegevuskohtade ja atraktsioonide kooseksisteerimisele.

1.2.2 Linnaruumi kasutamise ajaline varieeruvus

Linnaruumi ajaline kasutus eri linnapiirkondades on erinev. Samuti erineb linnaruumis tihti külastatavate kohtade ajaline kasutus.

Inimeste liikumise ja linnaruumi kasutamise ajaline rütm tuleb kõige selgemini esile ööpäeva lõikes - liikumissuurendus on suurem hommikul, mil inimesed liiguvad tööle ja kooli. Päeval, eelkõige lõunapausi ajal ja õhtusel ajal, mil liigutakse töölt ja koolist koju. Väiksem liikumine on hilisõhtusel ja öisel ajal. Väga paljud uurimused on näidanud, et kõige intensiivsemate liikumiste aegadeks on nn hommikune ja õhtune tipp tund, mil linnaruumis liigub erakordselt palju inimesi - tööle ja koju liikujad. Tipp tundide aeg on ka varieeruv, sõltudes aastaajast, kohast ja ühiskondlikust korraldusest (Teedeinstituut, 2003).

Linnaruumi kasutus langeb suuresti pärast õhtust tipp tundi, mil päeval avatud poed on suletud ning õhtused ja öised tegevused pole veel alanud. Päevaste ja öiste tegevuste ühendamine on keeruline, sest suur osa öösel linnakeskust kasutavatest inimestest tulevad sinna kodust (Bromley, 2003). Kuigi öösel on linnaruumis vähem liikujaid ja tegutsejaid, võib mingil hetkel teatud piirkonnas olla nende kontsentratsioon väga suur, nt. klubide ja pubide kinnipaneku ajal, mil linnakeskus täitub äkki keset ööd inimestega.

1.2.3 Võrgupõhised lähenemised linnasüsteemides

Möödunud kümnendil on mõistetud inimeste liikumismustreid komplekses võrgustikus kui atraktiivset uurimisteemat, millega tegelevad füüsikud, matemaatikud kui ka sotsiaalteadlased ja geograafid. Idee, vaatamaks indiviidi liikumismustreid kui puu, graafik või võrgustik, ei ole

uus. Batty (2013) väidab, et paremini linna mõista, peab eelkõige mõistma voogusid ja võrgustikke demonstreerimaks inimeste ja kohtade vahelisi suhteid.

Linnapiirkondades on palju keerulisi süsteeme, millel on omane võrgu topoloogia. Näiteid võib tuua maa-alustest süsteemidest, transpordi, linnatänavate ja maantee võrgust ning elektrienergia võrgust. Tänu inimeste tihedale paiknemisele linnaruumis, leidub linnas ka tihedalt põimitud sotsiaalseid võrgustikke (Andris, 2016; Guo et al., 2012).

Transpordi võrgustikud on enim uuritud süsteeme linnaruumis tänu oma võrgu omadustele (topoloogiale). Alustpanevoid võrgu funktsioone nagu kesksus (*centrality*) ja klastritegurid (*cluster coefficient*) on uuritud eri linnades nii teedevõrgu kui ühistranspordivõrgu põhjal (Danila et al., 2006; Zhong et al., 2014). Läbi on viidud ka uurimusi, mis sisaldavad analüüsis võrgu paigutusega liiklusvoolu andmeid. Näiteks, on analüüsitud teedevõrkudes liikluse põhjustatud ummikuid, mis põhinevad kompleksel võrguteoorial (Danila et al., 2006; Sun et al., 2008). Lisaks on kasutatud suuremahulisi mobiilandmeid samaaegselt teedevõrgu andmetega uurimaks teedevõrgu kasutamise harjumusi (Wang et al., 2012) ning linnaliikluse rütme (Wang et al., 2014). Sun et al., (2013) löid ajapõhise sotsiaalsete kohtumiste võrgustiku ühistranspordis, leidmaks varjatud kohtumisi “võõraste tuttavate” igapäevaelus.

Teine linnaruumi uurimuste vool võrgustikus keskendub kogukonna struktuurile. Kogukond kompleksse võrgu analüüsis viitab võrgus olevale komponendile, mis koosneb tippudest (*nodes*), mille sisemised ühendused (*edges*) on oluliselt tihedamad kui välised tipud väliste ühendustega (Newman & Girvan, 2004). Kogukonna avastamist (*community detection*) on laialdaselt kasutatud mitmesuguste võrgustike puhul (Newman, 2006; Newman & Girvan, 2004). Struktuurikomponentide kujutamise eeliste tõttu on kogukonna mõistet kasutatud linnastruktuuriuuringutes, kujutamaks ruumiliselt määratletud linnapiirkondade alamstruktuure, mis on defineeritud ruumiühikute ning ruumilise vastasmõjuna. Nende vahel on võimalik kontseptualiseerida suunatud (*directed*) ja kaalutud (*weighted*) kompleksseid võrke.

Geograafilisele ruumile keskenduvad uurimused, mis kasutavad võrgustike (*complex networks*) ja voo teooriat (*flow theory*) ei ole pikalt kasutatud, kuna võrgustiku teadus (*network science*) on üsnagi hiljuti laienenud ruumilistele võrgustikele (Barthelemy & Flammini, 2008). Tavapärased uurimused, mis võrgustiku põhise analüüsi kasutavad lähtuvad üldiselt linna topoloogiast - tänavatevõrgust ja paigutusest (Cardillo et al., 2006). Sellegipoolest on juurdepääsetavuse seos inimeste liikumistega vaieldav ja seetõttu on see jäänud lahtiseks küsimuseks (Hillier & Iida, 2005). Mitmed meetodid põhinevad puhtalt võrgu topoloogial selliselt, et eiratakse voogusid, ei selgitata linnaruumi ja põhiliselt on tegu lihtsate

ligipääsetavuse kontseptsioonidega, mis baseeruvad võrgustiku omadustel. Viimasel kümnendil on uurimused seda laadi analüüsi laiendanud, kasutades kaalutud (*weighted*) mõõte, mis tõlgendavad inimeste liikumisi kui võrgustiku voogusid (Soh et al., 2010; Zhong et al., 2014)

1.3 Meetodid regulaarsete kohtade ja liikumissuundade leidmisel

Asukohapõhiste andmete kvaliteedis on toimunud suuri edasiarenguid tänu laialdasele kättesaadavusele ja sensorvõrgustikele (Lu & Liu, 2012). Selle tulemusel on järjest enam tähelepanu saanud ruumiandmete kaave tänu oma võimekusele pakkuda potentsiaalseid uusi teadmisi ruumis (Miller, 2008). Kogutud ruumiandmestikud, olgu need tabulaarsel või graafilisel kujul, on tihtipeale mõistmiseks liialt keerulised. Efektiivne ruumiline analüüsi meetod on oluline kaevandamiseks tähendusrikkaid mustreid paremaks mõistmiseks või visualiseerimiseks (Shekhar et al., 2011).

Ruumiline klasterdamine, mis agregeerib külgnevad ruumi punktid/trajektoorid/alad, mis omavad suuresti sarnaseid geograafilisi karakteristikuid, on olnud efektiivne analüüsi võtte ruumiliste andmete kaaves. Seetõttu on ruumiline klasterdamine saanud suurt tähelepanu linnaliste kuumpunktide leidmisel (Guo et al., 2012; Hu et al., 2015; Pei et al., 2015; Zhao et al., 2017), kuritegevuse kuumpunktide tuvastusel (Estivill-Castro & Lee, 2002; He et al., 2017; Shiode, 2011), liiklusõnnetuste analüüsis (Y. Zhang et al., 2016; Yamada & Thill, 2007), haiguspuhangute avastusel (Neill, 2009; Pei et al., 2011; Wan et al., 2012) kui ka kliima regionaliseerimisel (Liu et al., 2012; Nojarov, 2017; Xu et al., 2017)..

Klasterdamisel ei ole selget definitsiooni (Saxena et al., 2017) ning erinevate klasterdamise kategooriate vahel toimub ülekaetus selliselt, et algoritm võib sisaldada rohkem kui ühe kategooria tunnusoont. Seetõttu on hulganisti meetodeid välja käidud.

Han et al., (2011) jagasid põhilised klasterdamismeetodid nelja kategooriasse: jaotamismeetodid (*partitioning methods*), hierarhilised meetodid (*hierarchical methods*), võrgupõhised meetodid (*grid-based methods*) ja tihedusel põhinevad meetodid (*density-based methods*).

K-means on populaarseim klasterdamise viis jaotamismeetoditest. Selle põhjal on Kaufman ja Rousseeuw (2009) poolt loodud jaotus ümber medoidide (*PAM*) ja suure rakenduse klasterdamine (*CLARA*) tõstmaks klasterdamise efektiivsust.

Hierarhilised meetodid jagavad andmed mitmele tasandile, kauguse ja tiheduse funktsioonil põhinevalt. Näiteks, (*BIRCH - balanced iterative reducing and clustering using hierarchies*) kasutab puu struktuuri loomaks klastrid kiirelt ja efektiivselt (Zhang et al., 1996). *Chameleon* leiab klastrid, mõõtes andmete sarnasusi, ja seejärel grupeerides leitud sarnasused (Karypis et al., 1999). Klasterdamine esindajate kaudu (*CURE*) suudab leida mittedüraalisi klastreid suurest andmekogust (Guha et al., 2001).

Tihedusel põhinevad meetodid omavad võimet leida eri kujuga klastreid. Näiteks on DBSCAN (*density based spatial clustering of applications with noise*) (Ester et al., 1996) teada-tuntud algoritm leidmaks klastreid ebamäärase kujuga, lisaks on mitmed inimesed välja käinud täiustatud meetodeid, parandamaks tõhusust (Gaonkar & Sawant, 2013; Ghanbarpour & Minaei, 2014; Liu et al., 2007; Wang et al., 2015). Tänu oma tähtsusele teoorias kui ka eri rakendustes on see algoritm üks kolmest algoritmist, mida tasustatud ajalise vastupidavuse auhinnaga (*Test of Time Award at SIGKDD 2014*) (Nandi, 2015). DBSCAN on tundlik sisendparameetritele, kuigi OPTICS (Ankerst et al., 1999) suudaks seda probleemi ennetada. DENCLUE meetod (*Density-based clustering*) kasutab tuuma tiheduse hindamise (*KDE - Kernel Density Estimation*) mudelit leidmaks suure tiheduse ja eri kujuga klastrid (Hinneburg & Gabriel, 2007).

Võrgul põhinevad meetodid loovad võrgustruktuuri andmete hoidmiseks ja iga võrk (*grid*) on baasühik klatri tekkimisel (Sheikholeslami et al., 1998; W. Wang et al., 1997)

Liikumissuundasid on trajektooridena raske visualiseerida, mistõttu kasutatakse selleks sageli võrgustikupõhist lähenemist (Soh et al., 2010; Zhong et al., 2014). Palju kasutatud lähenemisi võrgustikus on OD-maatriksite (*Origin-Destination matrices*) põhjal. Näiteks, kasutades OD-maatrikseid, identifitseerisid De Montis et al. (2013) Sardiinia regioonis kogukonna struktuuri ning selle põhjal pakuti välja viise regiooni siseseks planeerimiseks. Teistes uurimustes on kasutatud ka suures mahus mobiilsusandmeid. Liu et al. (2015) kasutas taksode OD-maatrikseid, leidmaks linnaalade hierarhiline struktuur Shanghais. Kasutatud on ka kiipkaartide andmeid, uurimaks linnaruumi kommuunide struktuuride muutuseid üle mitme aasta (Zhong et al., 2014). Aasa (2019) kasutas CDR andmete põhjal OD-maatrikseid leidmaks regulaarsed igapäevased kodu-töö suunal liikumised kommuunide baasil (riiklikus mõõtmes).

2. Andmed ja metoodika

2.1 Andmed

Kasutatud andmed pärinevad Tartu Ülikooli Mobiilsusuuringute laborist. Koostöös Cambridge'i Ülikooli arvutiteaduste laboratooriumiga loodi 2013. aastal nutitefonirakendus MobilityLog (esialgse nimega YouSense), mis on töös siiani. Rakendusega kogutakse andmeid nii kasutaja asukoha ja telefonikasutuse kui ka telefoni ja rakenduse tehniliste tunnuste kohta. Töös kasutati Tartu Ülikooli tudengite ning töötajate andmeid, kes uuringus osalesid.

Käesolevas töös olid kasutusel nutitelefoni rakendusega MobilityLog kogutud GPS andmed aastatest 2015 - 2016. Andmed on 177 kasutaja kohta ning iga kasutaja puhul oli perioodiks 1 kuu. Andmete periood oli kasutajate lõikes erinev. Andmed on tabulaarsel kujul GPS andmepunktidenä, kus iga rida tähistas ühte salvestatud GPS asukohta, millel oli olemas ajatempel, kasutaja ID, laiuskraad ja pikkuskraad, kiirus ja suund. Andmepunktide kogus oli esialgu 17 miljonit.

Uurimisalaks oli Tartu linn, ent valimis olevad isikud liikusid ka mujal. Seetõttu kasutati andmepunkte, mis jäid raami/polügooni (N 58.340755, E 26.655743), (N 58.338017, E 26.797007), (N 58.408857, E 26.797997), (58.417487, E 26.650251) sisse (Joonis 1). Raami sisse jäi peaaegu kogu Tartu linnaala. Välja jäid Ülenurme ning Tõrvandi piirkonnad. Selle tulemusel vähenes kasutatavate andmepunktide maht 17 miljonilt punktilt alla 6 miljoni punktini. Lisaks langes kasutajate arv 177-lt 173-le. 4 isikut, kes valimist välja jäid, ei olnud välja võetud perioodil ühtegi Tartu linnas registreeritud GPS punkti.



Joonis 1. Sinine raam märgib polügooni, mille siseseid GPS punkte analüüsis kasutati.

2.2 Meetodid

Kogu andmetöötlus ja analüüs toimus Pythoni keskkonnas, Jupyter Notebookis. Andmete suurt mahtu silmas pidades kasutati Pythoni pakette Pandas, mis hõlbustab suurandmete töötlemist, ning ruumiandmeid haldavat GeoPandast. GeoPandast toetas Shapely pakett, mis lubas luua ruumipunkte ja trajektoore ning polügoone, mida oli võimalik visuaalselt kujutada. Referentsellipsoidina oli kasutusel WGS84. Visuaalide kujutamisel kasutati Pythoni paketti Matplotlib. Klasterdamisel kasutati DBSCAN moodulit ning võrgustikuanalüüsiks kasutati Pythoni NetworkX paketti.

2.2.1 Ruumpunktide klasterdamine DBSCAN'iga

DBSCAN (*density-based spatial clustering for applications with noise*) on tihedusel põhinev klasterdamise meetod (Ester et al., 1996). See on seadistatav kahe sisendparameetriga: otsimisraadius - *Eps*, ja minimaalne number punkte otsitava raadiuse sees - *MinPts*. Need parameetrid defineerivad minimaalse tiheduse piiri ning klastrid leitakse kohtades, kus punktutihedus on suurem kui etteantud piir.

Põhjuseid, miks antud algoritmi kasutada, on mitmeid: esiteks on see meeletult populaarne ja ka efektiivne (Wang et al., 2015). Teiseks on selle statistilisi omadusi süvitsi analüüsitud (Steinwart et al., 2019).

Võrreldes mõne teise klasterdamismeetodiga, nagu K-Means või K-Medoids, on DBSCAN'il mõningad eelised leidmaks linnalisi tegevuspunkte (*hotspots*). Esiteks, ei nõua DBSCAN ettemääratud klastrite arvu. Teiseks, on DBSCAN osav leidmaks klastreid eri kuju ja suurusega. Linnakeskkonnas võivad klastrid olla erineva kujuga. Lisaks, on DBSCAN ka vastupidav mürale (mürapunktid), mida leiab ruumiandmete puhul palju.

Et DBSCAN'i kasutada, tuli leida sobilikud väärtused *Eps* ja *MinPts* jaoks. *Eps* paneb paika uuritava probleemi geograafilise skaala. Üldiselt, produtseerib suurem *Eps* suurema klatri, mis katab laiema ala, samas väiksem *Eps* loob väiksema klatri väiksemal alal. *MinPts* defineerib minimaalse punktide koguse klattris ja defineerib leitud klatri tähtsuse. Suurem *MinPts* aitab leida suurema tähtsusega klastreid, ent võib selle tulemusel välja jätta mõne huvi pakkuva ala. Väiksem *MinPts* võimaldab leida rohkem klastreid, ent võib sisaldada ka müra.

2.2.2 Liikumisvoogude leidmine Network X'ga

NetworkX on Pythoni programmeerimise keele pakett, millega saab luua, muuta ning uurida komplekssete võrkude struktuure, dünaamikat ning funktsioone. Põhjuseid, miks seda kasutada on mitmeid. Esiteks on NetworkX Pythonile mõeldud võrgustikupakett. Teiseks, kuna me soovime leida põhilised liikumissuunad tegevuskohtade vahel, siis on võrgustik parim viis nende liikumissuundade visualiseerimiseks. Tippudena (*nodes*) saab käsitleda praktiliselt kõike. Käesoleva töö kasutuses on tippudeks leitud regulaarsed tegevuskohad, mis saadi DBSCAN-iga klasterdades. Tippudeks on loodava OD-maatriksi lähtekohad ning sihtkohad. Äärteks (*edges*) on liikumised tippude vahel. Ääred saavad endas hoida lisaandmeid näiteks kaalusid (*weights*), mille kaudu on võimalik hinnata liikumisvoogusid. Lisaks saab kasutada ka aja-seeriaid, analüüsima võrgu sidusust erinevatel kellaegadel.

2.2.3 Tööprotsessi kirjeldus

Töö toimus ühel tasandil - Tartu linnas. Seega hõlmas analüüs andmepunkte, mis jäid eelpool mainitud raami sisse. Töö toimus etapiliselt.

Esiteks, tutvuti andmetega, mille järel toimus andmete sorteerimine. Andmed sorteeriti kasutajatest lähtuvalt ning pandi ajalise järjekorda. Tudengeid oli valimis 124 ning töötajaid 49. Lisaks leiti veel kasutaja kaupa järjestike GPS-punktide omavahelised kaugused Haversine valemit kasutades.

Trajektooride loomise eelduseks oli tingimus, et iga järgnev GPS punkt on vähem kui 100 meetri kaugusel eelnevast GPS punktist. Vastasel juhul algas uus trajektoor. Trajektoorid loodi selliselt, et igal trajektoorigil on kasutaja ID, alguspunkti ajatempel ning lõpupunkti ajatempel. Selliselt tekkis trajektoore tudengitel kokku ligi 25 000 ning töötajatel ligi 8000. Trajektoorid leiti OD-maatriksite moodustamiseks, mida kasutati võrgustikuanalüüsis.

Tegevuskohtade leidmisel kasutati eelnevalt sorteeritud GPS andmepunkte. Kuna tegevuskohtade puhul eeldati, et inimesed on mingi aja jooksul paiksed, siis võeti klasterdamise jaoks GPS punktid kiirusest lähtuvalt. Kiiruste jaotusest selgus, et suur enamus punkte on ligi 0 km/h punktid. Seetõttu sorteeriti GPS punktidest välja kõik GPS punktid, mille kiiruse näitaja oli alla 0.5 km/h. Põhjus oli veel ka see, et kõikidel kasutajatel polnudki päris 0 km/h punkte, mistõttu tõsteti lävendit. Valides kiirus < 0.5km/h GPS punktid, saadi tudengite puhul kokku ligi 60 000 punkti ning töötajate puhul ligi 100 000 punkti. Edaspidi kutsutakse neid seisupunktideks. Saadud töötajate seisupunktidest oli klasterdamiseks kasutusel iga 6. punkt, seega anti DBSCAN'ile sisendiks ligi 16 000 seisupunkti. Tudengite seisupunktidest oli kasutusel iga 3. punkt, seega kokku oli DBSCAN'ile sisendiks ligi 20 000 punkti. Ühiste seisupunktide klasterdamisel võeti kasutusele iga 9. punkt ning sisendiks oli ligi 18 000 punkti. DBSCAN nõuab sisendiks minimaalset objektide arvu (*MinPts*) klastris ning klastri otsinguraadiust (*Eps*). Leidmaks sobivad väärtused *Eps* ja *MinPts* jaoks, kasutati endi kokkupuuteid linnaga, kuna töö autor oli linnaga küllaltki tuttav ja sai anda taustinfot, kinnitamaks klastrite tulemusi. Kuna käesoleva töö siht oli leida linnapiirkonna regulaarseid tegevuskohti, siis prooviti eri *Eps* sätetega vahemikus 100 kuni 500 meetrit ja *MinPts* vahemikus 1% kuni 15% kõigist välja valitud seisupunktidest. Sätted olid tudengite, töötajate kui ka ühiste klastrite puhul pisut erinevad.

Töötajate puhul osutusid optimaalseteks sisendparameetriteks $MinPts = 250$ ning $Eps = 0.13$ ehk klastrid sisaldasid vähemalt 250 GPS punkti ning klastri raadiuseks oli 130 meetrit.

Tudengite puhul osutusid optimaalseteks sisendparameetriteks $MinPts = 250$ ning $Eps = 0.14$ ehk klastrid sisaldasid vähemalt 250 GPS punkti ning klastri raadiuseks oli 140 meetrit.

Tudengite ja töötajate ühiste klastrite puhul osutusid optimaalseteks sisendparameetriteks $MinPts=250$ ning $Eps=0.15$ ehk klastrid sisaldavad vähemalt 250 GPS punkti ning klastri raadiuseks on 150 meetrit.

Seejärel loodi tudengite ja töötajate ühiste klastrite põhjal polügoonid GeoPandase funktsioonidega. Polügoonid loodi leitud klastrite kesketest andmepunktidest, mille ümber loodi 70 meetrit puhvrit. Seega polügoonide diameetriks oli 140 meetrit. Polügoonid loodi OD-maatriksite tegemiseks.

Pärast seda võeti kasutusele varasemalt loodud trajektoorid. Loodi funktsioon, millega sorteeriti välja trajektoorid, mis läbisid vähemalt kahte polügooni ning mis seejärel agregeeriti OD-maatriksiteks selliselt, et esimene läbitud polügoon oli lähtekohaks ja teine polügoon sihtkohaks. Juhul kui läbitud polügoone oli rohkem kui kaks, näiteks kolm, siis tekkis kaks lähtekoht-sihtkoht andmerida. Töötajate puhul oli kokku 399 OD-liikumist ning tudengite puhul 902 OD-liikumist tippude(leitud regulaarsed kohad) vahel. Üle 80% käsitletavatest trajektooridest läbisid kahte klastrit.

Viimaks kasutati OD-maatrikseid Pythoni paketi NetworkX, kus leiti regulaarsete kohtade vahelised liikumised ning põhilised liikumissuunad nende vahel. Võrreldi ka kellaajalisi erinevusi põhiliste liikumissuundade vahel.

Võrgustiku puhul kasutame tegevuskohtadena tudengite ja töötajate puhul ühiselt leitud klastreid, mida oli kokku 7. Tekkinud klastrid on võrgustikus tippudeks (*nodes*), millede vahel liikumised toimuvad äärte (*edges*) näol. Kaalud pandi iga lähtekoht-sihtkoht äärelle selliselt, et kõik ühes suunas toimunud liikumised liideti kokku ja saadud summa võeti kaaluks. Kaalud jaotati võrgustikus kolme klassi, mille tulemusel on visuaalselt kujutatud liikumised kolmes suuruses. Tipud (tegevuskohad) nimetati autori poolt asukohti iseloomustavate nimetuste järgi: 1. kesklinn, 2. pauluse, 3. peahoone, 4. võru-aardla, 5. riia-puusepa, 6. narva-raatuse, 7. keemfüüs (Chemicum ja Physicum). Tulemustes käsitleti tippusid tegevuskohtadena ja ääri liikumistena.

3. Tulemused

3.1 Regulaarselt külastatavad kohad

Leiti, et suur enamus tegevuskohti on nii töötajatel kui tudengitel samad. Tihedaim ühine tegevuskoht tekkis kesklinna (Joonis 2). Kesklinna tegevuskoht, mis hõlmab endas nii Riia mnt. ja Turu tänava ristmiku kui ka mitmeid kaubanduskeskuseid ja teenusepakkujaid ning ettevõtteid. On täiesti mõisteta, miks ühisel klasterdamisel tihedaim klaster sinna tekkis. Antud piirkonda külastatakse igapäevaselt. Käiakse poodlemas, või muude teenusepakkujate juures kui ka lihtsalt läbitakse piirkonda enda sihtkohta jõudmiseks, sest tihtipeale liikudes ühest Tartu linnaotsast teise, antud ristmik ka ületatakse.

Teine ühine tegevuskoht, tekkis Pauluse kiriku ette. Tegemist on piirkonna suurema tegevuskohaga. Piirkonnas asuvad Aparaaditehas, lähedal ka Loodusteaduste õppehoone ja Positium kui ka muid ettevõtteid. Aparaaditehase kõrval olev suurem Kastani tänava ja Riia mnt. ristmik võis ka anda põhjuseid klasteri tekkeks. Autori arvates annab peamiselt põhjuse piirkonnas asuv Aparaaditehas, kus on mitmeid toitlustusasutusi kui ka muid ettevõtteid, mis võiksid anda alust tegevust luua.

Kolmas ühine tegevuskoht tekkis keskpunktiga Tartu Ülikooli peahoone ette. Piirkonnas on mitmeid õppehooneid, toitlustusasutusi kui ka muid ettevõtteid ja need olid autori arvates ka peamised klasteri tekke põhjused. Töötajatel eraldi see-eest sinna klasterit ei tekkinud (joonis 4). Tudengite puhul võib põhjusteks pidada peamiselt läheduses olevaid õppehooneid ja toitlustusasutusi. Siiski, tuleb tõdeda, et ka töötajatel on piirkonda asja. On võimalik, et mitmed töötajad piirkonnas ka töötavad, ent töötajate GPS punktide vähesuse tõttu piirkonnas ei saavutanud nende puhul klaster piisavat punktitiheidust.

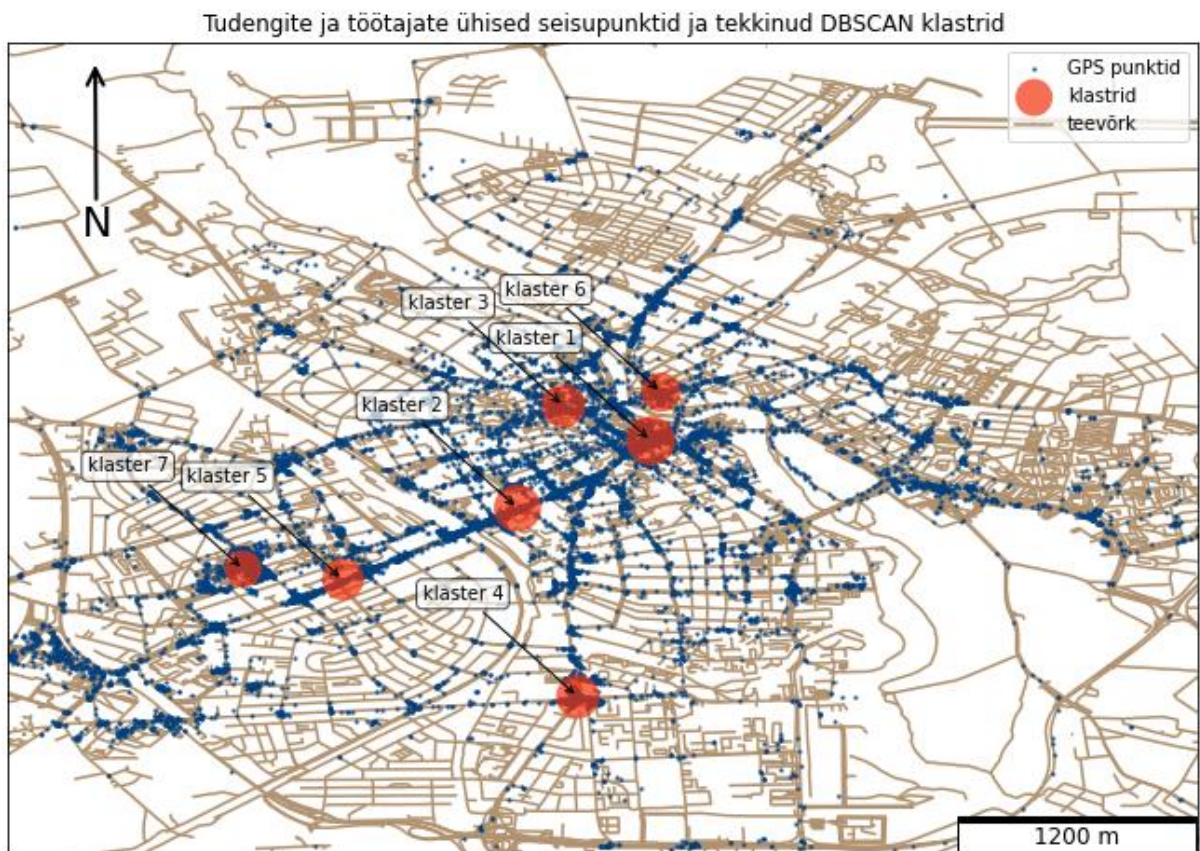
Neljas ühine tegevuskoht tekkis teistest tegevuskohtadest kõige kaugemale. Tegemist on Võru ja Aardla tänavate ristmikuga ja seal ääres paikneva alaga, mis on sealse piirkonna keskuseks. Tegemist on suurema ristmikuga piirkonnas. Lisaks asub piirkonnas mitmeid toidupoode ja muid asutusi. Ainus erisus tudengite ja töötajate vahel oli see, et tudengite puhul tekkis klaster umbes 50 meetrit kesklinna suunas (Joonis 3; Joonis 4). Põhjuseks tugev punktide kontsentreeritus Rahu tänaval, kus ilmselt mitmed tudengid elavad.

Viies ühine tegevuskoht tekkis arusaamatul põhjusel Riia mnt. ja N. Lunini ristmiku äärde. Ühise tegevuskoha kese jäi töötajate klasteri ja tudengite klasteri vahele. Töötajate puhul tekkis klaster Riia maantee ja N. Lunini ristmikule (Joonis 4). Tudengite klaster jäi sealt mõnekümne

meetri jagu eemale (Joonis 3), täpsemalt Riia mnt. ja L. Puusepa ristmikule. Tekkinud klastrit on raske põhjendada. Tegu võib olla anomaaliaga, sest visuaalselt vaadates (Joonis 2), paistab tugevam kontsentreeritus just Riia-L. Puusepa ristmikul. Ent eksisteerib võimalus, et mõne kasutaja poolt on tekkinud tegevuskohas tugev andmepunktide kontsentreeritus küllaltki paikse koha peal. Tegu võib olla ka DBSCAN'i anomaaliaga.

Kuues ühine tegevuskoht tekkis Narva mnt. ja Raatuse tänava ristmikule. Piirkonnas asub Raatuse keskus, lisaks mitmeid ühiselamu hooneid. Suurim põhjus sealse tegevuskoha tekkel on autori arvates just ühiselamud, kus mitmed õpilased ja ka töötajad elavad või antud elamuid külastavad. Piirkonnas on ka mitmed ettevõtted.

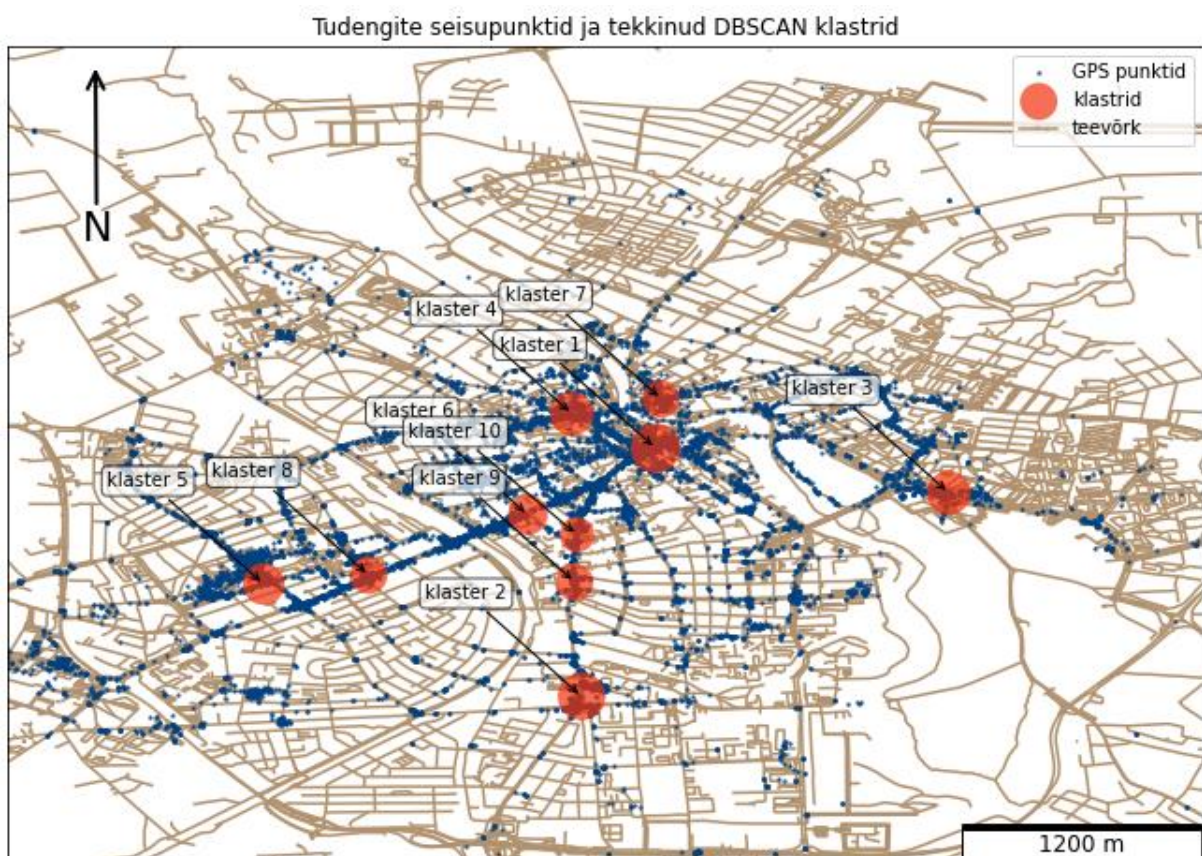
Viimane ühine tegevuskoht tekkis keskmega Chemicumi sisse. Tegemist on õppehoonete kompleksiga, kuigi läheduses on ka ühiselamu. Tegevuskoha tekkepõhjused on iseenesest mõistetavad. Töötajate grupi inimesed töötavad antud asutustes, et tudengite grupi inimesed saaksid antud asutustes õppetööl osaleda.



Joonis 2. Töötajate ja tudengite ühised tegevuskohad

Tudengite puhul tekkis tegevuskohti veel Eedeni keskuse juurde ja Võru tänavale (Joonis 3). Eedeni tegevuskoht võis tudengite puhul olla tingitud sellest, et paljud tudengid elavad seal läheduses. Tegemist on Annelinna suurema keskusega ning kui vaja liikuda Annelinnast kesklinna suunas, siis suure tõenäosusega sealne piirkond ka läbitakse. Põhjus, miks paljud tudengid Annelinnas elada võivad, peitub sealsete korterite keskmisest madalamates üürihindades.

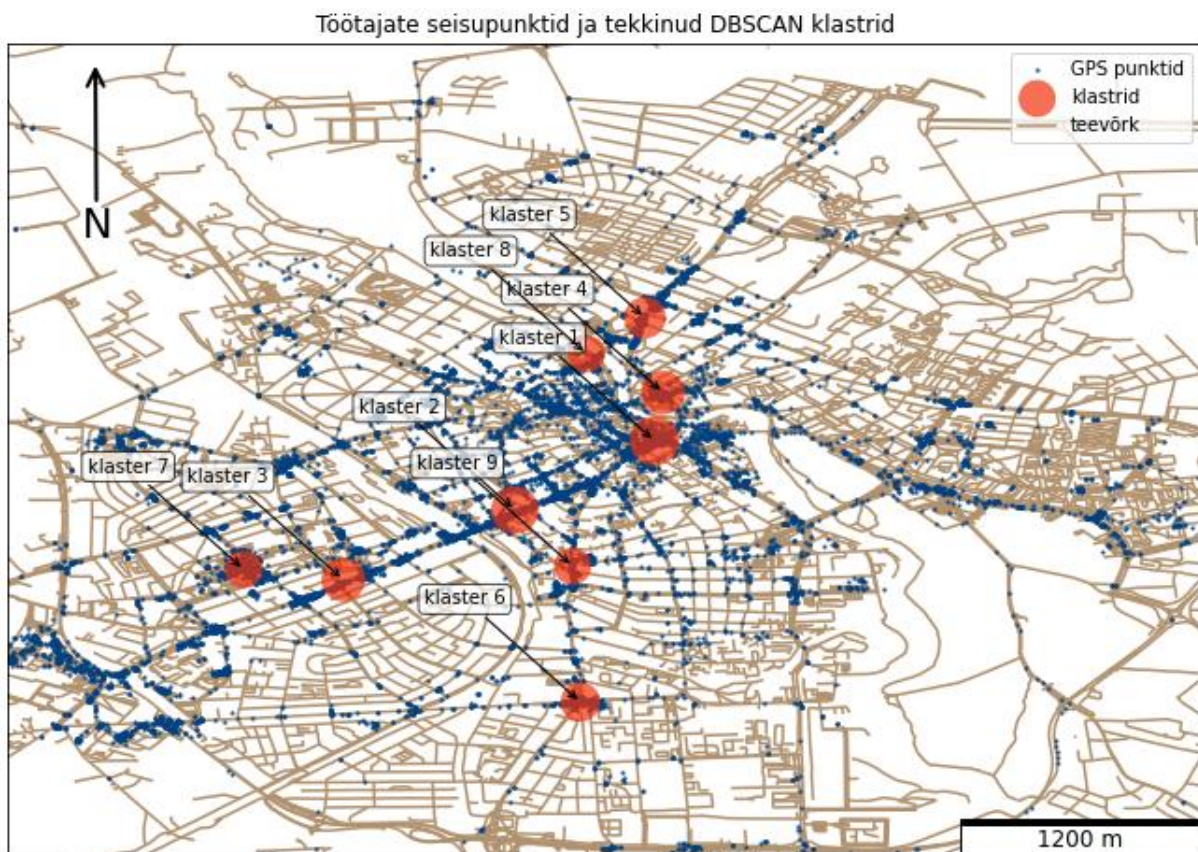
Võru tänavale tekkis tudengitel veel 2 tegevuskohta. Üks Võru ja Vaba ja Kastani tänavate ristmiku äärde, teine Võru ja Lootuse tänavate ristmiku äärde (Joonis 3). Esimene neist võib tingitud olla asjaolust, et sealne ristmik on piirkonna suuremaid, lisaks on läheduses ka Sõbrakeskus. Võru ja Lootuse tänavate ristmikule tekkinud tegevuskoht jääb autori jaoks veidi mõistmatuks. Tegemist on monofunktsionaalse alaga, kus ei ole peale elamute muud midagi. Tegevuskoha tekke võis tingida mõne tudengi tugev kohalolu elukoha näol ristmiku ääres. Lisaks on seal ka bussipeatus.



Joonis 3. Tudengitel leitud tegevuskohad

Töötajate puhul tekkisid tegevuskohad veel Narva maantee ja Jaama tänavate ristmikule, Vabaduse puiestee ning Laia tänava ristmikule ning Vaba, Kastani ja Võru tänavate ristmikule (Joonis 4).

Esimese kahe puhul on mitmeid põhjuseid sealsete tegevuskohtade tekkeks. Mõlemal juhul, on tegu valgusfooridega reguleeritud ristmikuga, kus tipp tundide ajal tuleb sõidukiga tükk aega oodata nii linna sissesõidul kui väljasõidul. Mõlema tegevuskoha lähistel on mitmeid teenuseid pakkuvat ettevõtet kui ka baare. Võimalik on, et ristmike ääres mõni töötaja ka elab. Vaba, Kastani ja Võru tänavate ristmikule tekkinud tegevuskoht on sarnane tudengite tegevuskohaga. Põhjused on sarnased, lähedal asuv Sõbrakeskus ning ristmiku olulisus linnas. Mõni töötaja võib ristmiku vahetus läheduses ka elada. Sellegipoolest, ühisel käsitlusel sinna tegevuskohta ei tekkinud (Joonis 2).



Joonis 4. Töötajatel tekkinud tegevuskohad

3.4 Põhilised liikumissuunad tegevuskohtade vahel

Võrgustikus kasutati eelnevalt loodud OD-maatrikseid ning selle tulemusel saadi aimu tegevuskohtade külastustest ning põhilistest liikumissuundadest tegevuskohtade vahel.

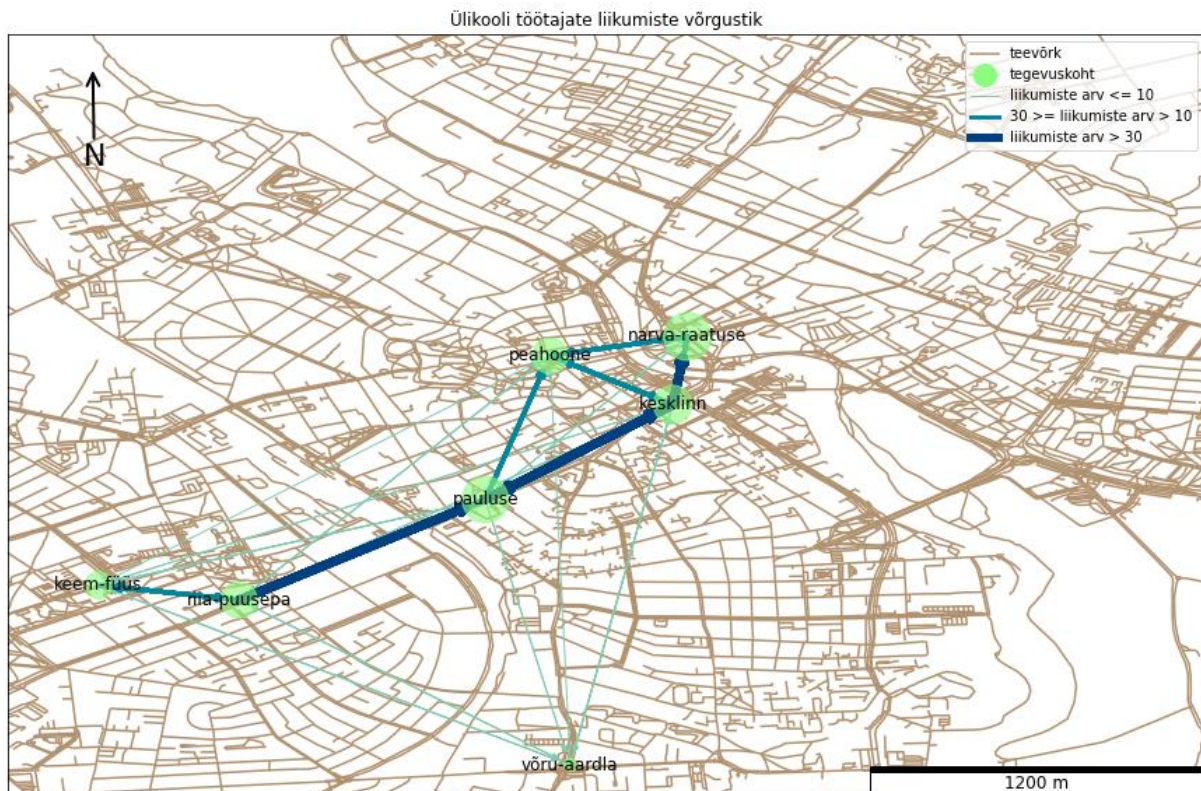
Kokkuvõtlikult saab öelda, et töötajate ja tudengite liikumised on kontsentreeritud Tartu linna kesklinnalsisse piirkonda. Põhilised liikumised toimusid kesklinna ja teiste läheduses paiknevate tegevuskohtade vahel (Joonis 5; Joonis 6).

Töötajate puhul olid põhilised liikumissuunad Narva maanteel ja Riia maanteel olevate tegevuskohtade vahele.

Tudengitel peamised liikumissuunad veidi erinesid. Põhiliselt liiguti kesklinna piirkonnas, ehk tihe liikumine toimus kesklinna, peahoone ning narva-raatuse tegevuskohtade vahel.

Kesklinna piirkonnast kaugemad tegevuskohad nägid vähem liikumisi. Eriti vähe liikumisi nägi võru-aardla tegevuskoht, seda nii tudengite kui töötajate puhul. Üllatuslikult oli vähem liikumisi ka keem-füüs tegevuskoha suunal. Sellest võib järeldada, et regulaarsed tegevused ja liikumised on koondunud suuremas osas kesklinnalsisse piirkonda

Töötajate puhul olid põhilised liikumissuunad kontsentreeritud Riia maanteel ja Narva maanteel paiknevate tegevuskohtade vahel. Tihedaimad liikumised toimusid narva-raatuse - kesklinn vahel mõlemal suunal, kesklinn - pauluse vahel mõlemas suunas kui ka riia-puusepa - pauluse suunal. Tugev sidusus oli ka peahoone tegevuskoha ja teiste lähedal asuvate tegevuskohtade vahel, ent liikumiste arv ei küündinud Riia maanteel ja Narva maanteel olevate tegevuskohtade vaheliste liikumiste tasemele (Joonis 5). Tugev side oli ka riia-puusepa ja keem-füüs tegevuskohtade vahel. Üllatavalt vähe toimus liikumisi võru-aardla ja teiste tegevuskohtade vahel.



Joonis 5. Ülikooli töötajate igapäevaste liikumiste võrgustik suundadega.

Suurimat liikumiste aktiivsust nägid kesklinna ja pauluse tegevuskohad (Joonis 5). Kesklinna tegevuskohas oli sisse- ja väljaliikumisi kokku 195, pauluse tegevuskohal 182. Selle põhjal võib väita, et tegevuskohtade vahel oli eriti tugev sidusus, mis väljendus töötajate liikumistes.

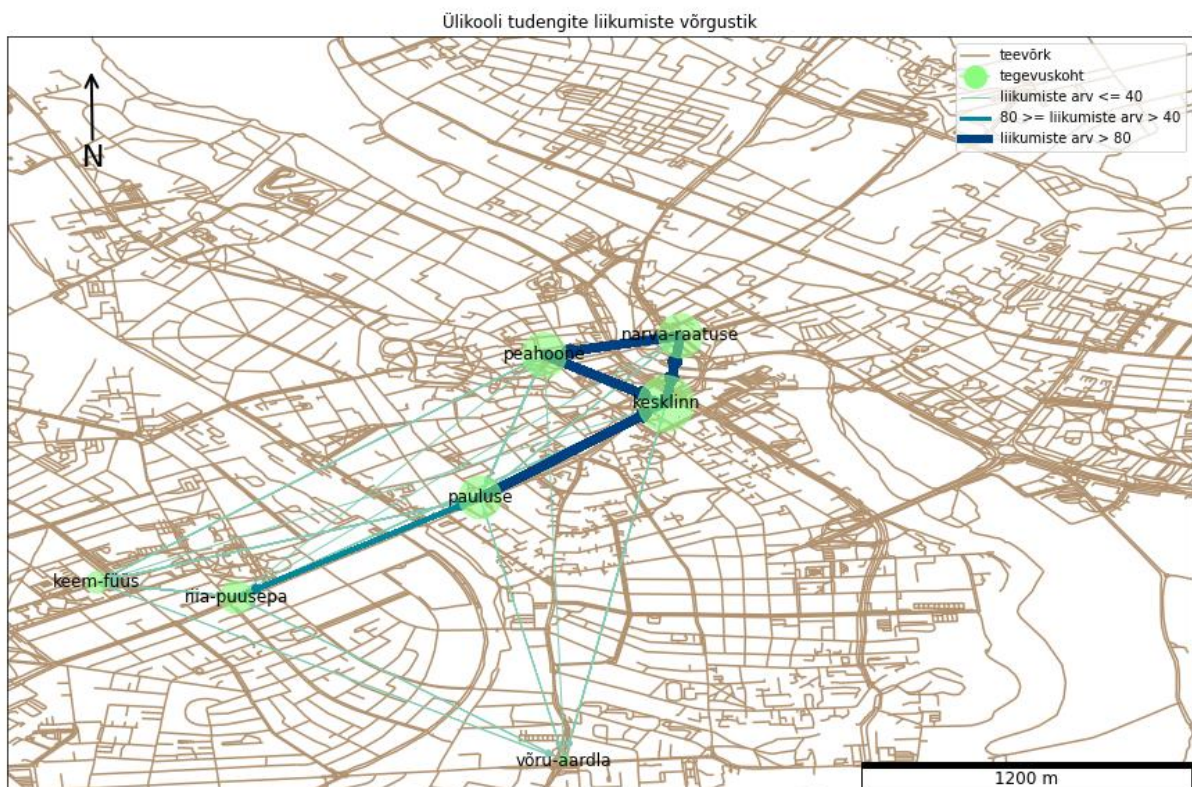
Kolmandaks tegevuskohaks oli intensiivsusest huvitaval kombel riia-puusepa tegevuskoht, milles oli sisse- ja väljaliikumisi kokku 127. Ilmselt on see tingitud asukohast. Kuna see jääb kesklinna piirkonna alast välja, siis mitmed liikumised, mis nimelt väldivad kesklinna, just seda tegevuskohta läbivad. Näiteks peahoone ja võru-aardla tegevuskohtadega on riia-puusepa tegevuskohal side olemas.

Neljas ja viies tegevuskoht olid liikumiste intensiivsusest peaaegu võrdsed. Vastavalt oli narva-raatuse liikumisi kokku 110. peahoone oli kahe võrra maas, liikumisi oli kokku 108. Narva-raatuse tegevuskohal oli eriti tugev side vaid kesklinna tegevuskohaga, teine tugev side oli peahoone tegevuskohaga. Peahoone tegevuskohal oli tugev side kolme lähima tegevuskohaga.

Kuues tegevuskoht oli keem-füüs 62 liikumisega. Tugev side oli vaid riia-puusepa tegevuskohaga, mis tähendab, et enamuse liikumisi õppekomplekside juurde toimub just riia-puusepa tegevuskohta läbides.

Viimane oli võru-aardla tegevuskoht vaid 14 liikumisega. Võru-aardla tegevuskoha vähene külastatus näitas, et ülikooli töötajatel pole üldiselt sinna piirkonda asja või kui on, siis ei liiguta teiste tegevuskohtade suunal vaid mujale, mistõttu võisid need liikumised valimist välja jääda.

Tudengite puhul olid tihedamad liikumised koondunud rohkem Tartu linna tsentrisse ja selle lähistele (Joonis 6). Joonistus välja tugev kolmik: peahoone, kesklinna ja narva-raatuse tegevuskohtade vahel olid liikumised kõige intensiivsemad. Tihe liikumine kesklinna, narva-raatuse ja peahoone tegevuskohtade vahel näitab, et tudengitel on pidevalt vajadus/tahtmine liikuda mainitud tegevuskohtade vahel. Tihedamad liikumised toimusid ka pauluse - kesklinn suunal. Palju liikumisi oli ka pauluse - riia-puusepa suunal. Üllatuslikult oli tudengite seas vähe liikumisi keem-füüs tegevuskoha suunal. Keem-füüs tegevuskoha ja kõikide teiste (v.a. narva-raatuse) tegevuskohtade vahel liikumisi küll on, ent vähe. Vähe oli liikumisi ka võru-aardla tegevuskoha suunal.



Joonis 6. Ülikooli tudengite igapäevaste liikumiste võrgustik.

Tudengitel omas suurt ülekaalu liikumistes kesklinna tegevuskoht, milles oli 537 liikumist. Liikumiste all peetakse silmas sisse- ja väljaliikumisi.

Teine ja kolmas tegevuskoht liikumiste arvus väljendus peahoone ning narva-raatuse tegevuskohtades, kus oli liikumisi vastavalt 334 ja 341. Võib järeldada, et tudengid toimetavad ja liiguvad peamiselt kesklinna piirkonnas, seejuures enim kesklinna tegevuskohas ja veidi väiksemal määral ka narva-raatuse ja peahoone tegevuskohas.

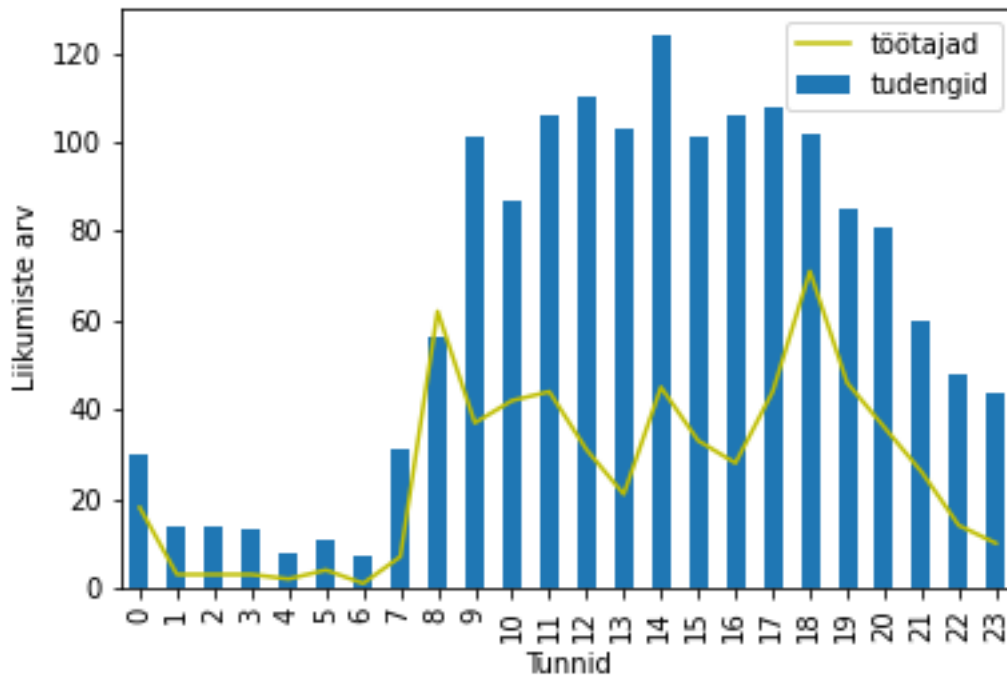
Neile järgnes juba madalama intensiivsusega riia-puusepa tegevuskoht 181 liikumisega. Eelviimane oli keem-füüs tegevuskoht 80 liikumisega. Sellest annab järeldada et, väiksemal tudengite hulgal on sinna õppetööks asja, põhjus võib olla ka valimis.

Viimane oli jällegi võru-aardla tegevuskoht vaid 17 liikumisega. Ka tudengite puhul võib järeldada, et neil pole üldiselt sinna piirkonda asja või kui on, siis ei liiguta teiste tegevuskohtade suunal vaid mujale, mistõttu võisid need liikumised valimist välja jääda.

3.5 Liikumissuunad kellaajaliselt

Selgus, et töötajate ja tudengite liikumiste arv ajas on suuresti erinev. Töötajate puhul tulevad (Joonis 7) selgelt välja hommikune ja õhtune tipp tund, samas tudengitel on regulaarsed liikumised päeva jooksul ühtlasemad ning tipp tunde nii selgelt ei eristu. Põhjused võivad peituda asjaolus, et töötajad on päeva jooksul küllaltki paiksed, sest töö ei ole liikuv. Võimalik, et käiakse lõunatamas, mis selgitaks kella 14st väiksemat tõusu liikumistes. Tudengid aga liiguvad päeva jooksul ühtlaselt, sest tihtipeale on tudengite erinevad õppeained erinevates õppehoonetes, mis selgitaksid ühtlast liikumiste arvu päevasel ajal.

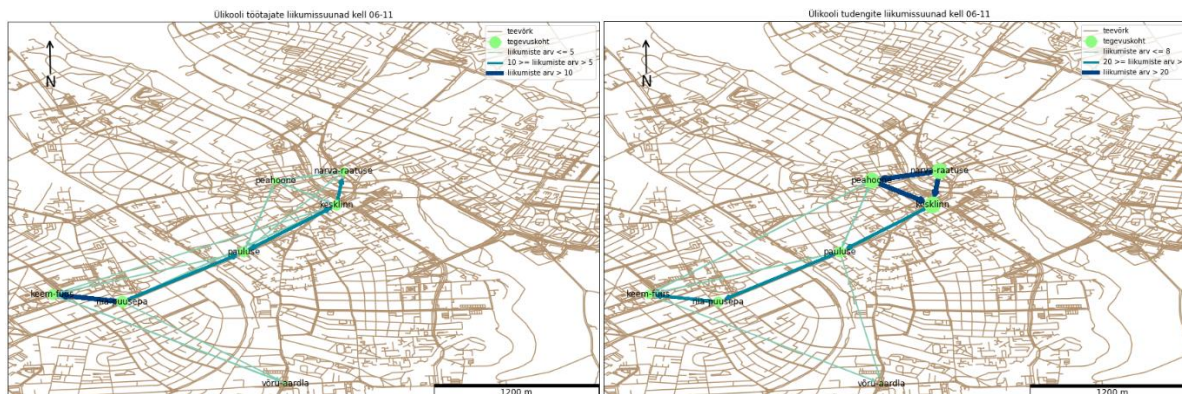
Mõistmaks liikumissuundade võimalike põhjuseid ja saamaks liikumistest parem esindatus, jaotasime liikumised tudengite ja töötajate puhul ajalistesse gruppidesse. Vastavalt hommikused liikumised (06:00-11:00), päevased liikumised (11:00-16:00), õhtused liikumised (16:00-20:00), hilisõhtused liikumised (20:00-00:00) ja öised liikumised (00:00-06:00).



Joonis 7. Liikumiste arv kellaajaliselt ööpäeva lõikes.

Vaadates töötajate liikumisi hommikul ajal (Joonis 8), on näha, et enim liikumisi on riia-puusepa - keem-füüs suunal. Lisaks on palju liikumisi ka teistest tegevuskohtadest keem-füüs tegevuskoha suunal. Sellest saab järeldada, et töötajate grupist on paljudel hommikul ajal tegemist just sealsetes õppehoonetes. Rohkem oli liikumisi ka kesklinn - narva-raatuse suunal. Väiksemad liikumiste arvud on teiste tegevuskohtade vahel, ent suund on enamuses keem-füüs tegevuskoha suunal. Kui näiteks töötaja liikus narva-raatuse kandist keem-füüs suunas, siis jaotusid liikumised suure tõenäosusega kõigi Riia maanteel olevate klastrite vahele, sest tegemist on kõige kiirema teega narva-raatuse tegevuskohast keem-füüs tegevuskohani.

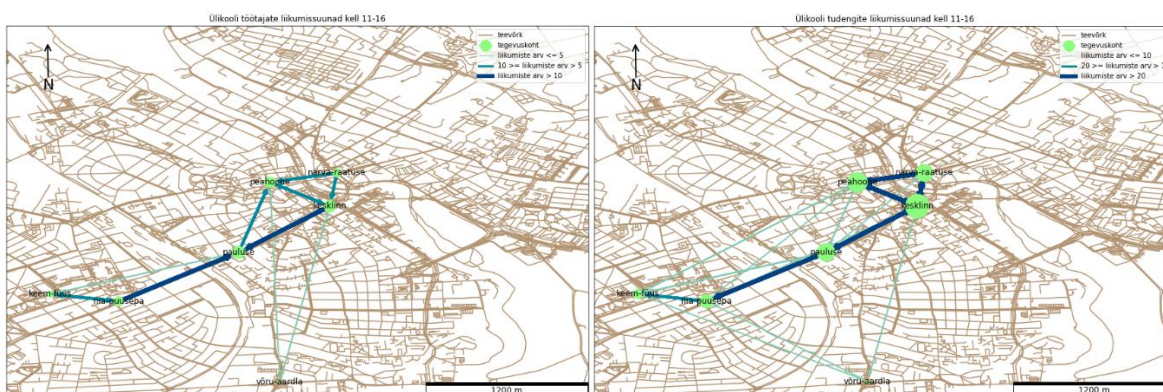
Hommikustest tudengi liikumissuundadest (Joonis 8) on näha, et liigutakse suures osas linna keskosast keem-füüs tegevuskoha suunas. Enim liikumisi on suundadel kesklinn - pauluse, pauluse - riia-puusepa. Miskipärast ei väljendunud tihe liikumine riia-puusepa - keem-füüs suunal. On võimalik, et sinna tekitatud polügoon ei katnud tervet õppehoonete ala, mistõttu kõik liikumised selle suunal ei väljendu. Sellegipoolest oli otsesid liikumisi keem-füüs suunal nii narva-raatuse, kesklinna kui pauluse tegevuskohtadest. Liikumisi oli ka peahoone tegevuskoha suunal, seda nii pauluse, kesklinna kui narva-raatuse tegevuskohtadest. Hommikustest liikumissuundadest saab järeldada, et liigutakse peamiselt õppehoonetesse, mis asuvad peahoone ja keem-füüs tegevuskohtades.



Joonis 8. Töötajate ja tudengite liikumissuunad hommikutundidel

Töötajate päevased liikumissuunad on suures osas kontsentreeritud pauluse tegevuskoha suunal (Joonis 9). Seda nii kesklinna tegevuskohast kui riia-puusepa tegevuskohast. Suurt tagasiliikumist pauluse suunal ei väljendunud keem-füüs tegevuskohast. Tihe liikumine toimub ka peahoone tegevuskoha suunal ja kesklinna tegevuskoha suunal. Võib arvata, et peamiselt käiakse lõunatamas, seda eriti pauluse tegevuskohas, kus asub Aparaaditehas, lisaks kesklinna ja peahoone tegevuskohtades olevad toitlustusasutused.

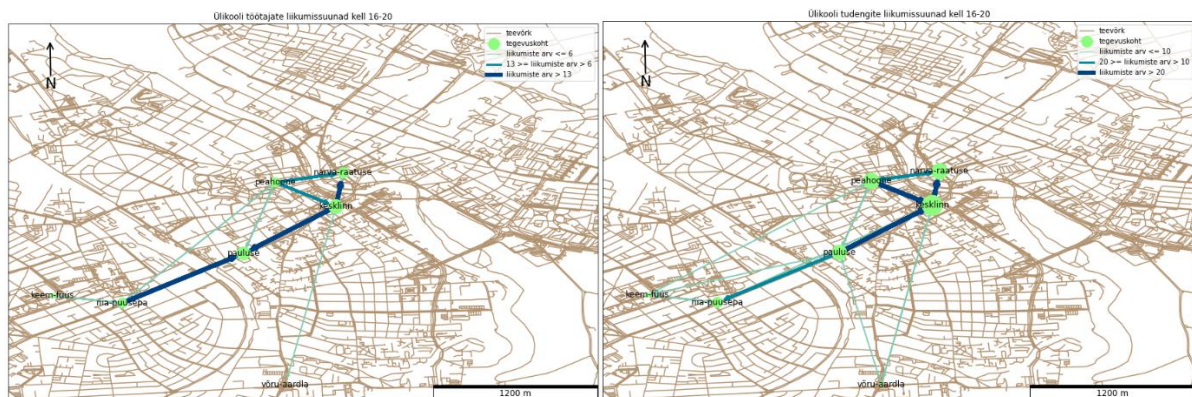
Tudengite päevased liikumised on tugevalt kontsentreeritud kesklinna tegevuskoha suunal (Joonis 9). Seda nii pauluse kui peahoone tegevuskohtadest. Palju liikumisi on ka kesklinn - narva-raatuse suunal. Mõõdukalt on liikumisi ka pauluse - riia-puusepa ning peahoone - narva-raatuse vahel. Võib järeldada, et selle aja sees käiakse lõunatamas, seda peamiselt kesklinna piirkonnas, liigutakse õppehoonete vahel. Minnakse ka koju või muid tegevusi tegema, mida võiks järeldada liikumistest võru-aardla suunal.



Joonis 9. Töötajate ja tudengite päevased liikumissuunad

Õhtused liikumised on töötajatel kontsentreeritud Riia maantee ja Narva maantee ümbruses (Joonis 10). Seejuures on enim liikumisi kesklinna tegevuskoha suunas. Palju liigutakse pauluse - kesklinna suunal ja ka vastupidi, lisaks kesklinn - narva-raatuse suunal. Mõõdukalt on liikumisi veel peahoone - kesklinn ja peahoone - narva-raatuse tegevuskohtade vahel. Siit annab järeldada, et töötajad teevad omi õhtuseid regulaarseid toimetusi, käiakse poes, liigutakse koju. Liikumisi toimub ka peahoone suunal mitmest tegevuskohast, millest võiks järeldada, et töötajad käivad õhtusel ajal vanalinnas sotsialiseerumas, sama kehtib ka kesklinna tegevuskoha puhul.

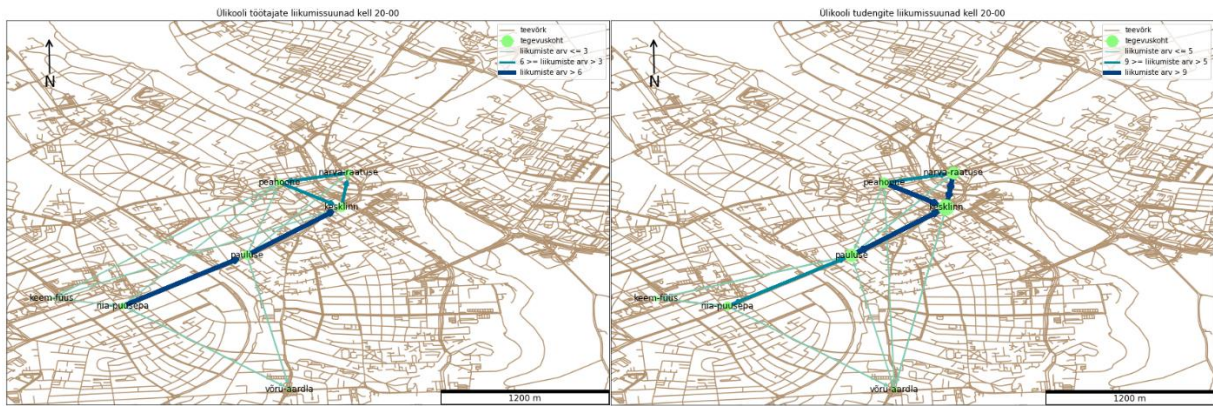
Õhtune aeg (Joonis 10) erineb tudengitel minimaalselt päevastest liikumissuundadest. Põhivoolud on samad mis päevasel ajal. Üksikud liikumised tulid juurde pauluse - võru-aardla vahel. Lisaks kadusid liikumised võru-aardla - keem-füüs ja riia-puusepa vahel.



Joonis 10. Töötajate ja tudengite õhtused liikumissuunad.

Töötajate hilisõhtune liikumismuster ei erine suuresti õhtusest liikumismustrist. Suurimad liikumisvood on samad, mis õhtusel ajal ja ilmselt on õhtusele ajale sarnaste põhjustega.

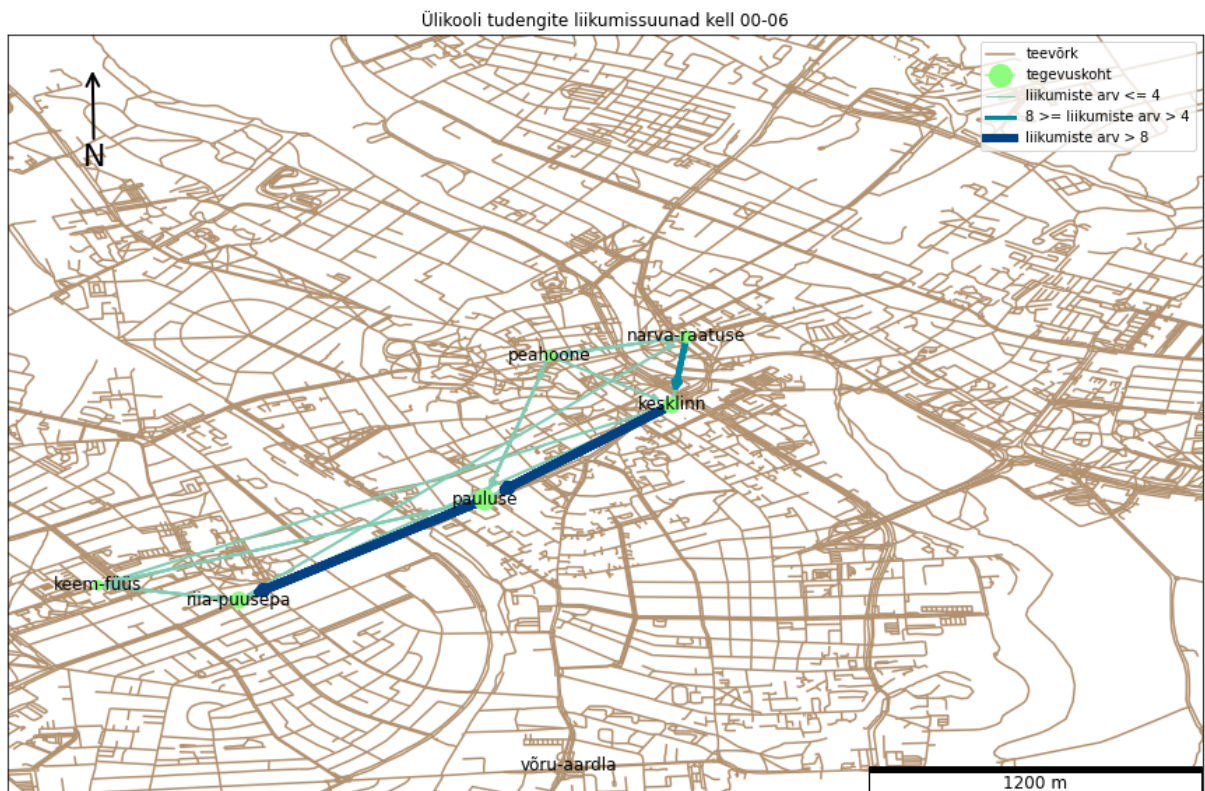
Tudengite hilisõhtused liikumised on tugevalt koondunud kesklinna tegevuskohta. Tihedad liikumised on pauluse - kesklinn suunal. Tihe on liikumine ka kesklinn - narva-raatuse puhul mõlemas suunas. Põhjused on individuaalsed, ent võib oletada, et käiakse sotsialiseerumas kesklinna piirkonnas. Palju on ka liikumisi kesklinna piirkonnast välja, näiteks riia-puusepa, keem-füüs ja võru-aardla suunal, mis võivad tähendada koju liikumist.



Joonis 11. Töötajate ja tudengite hilisõhtused liikumissuunad

Õiseid liikumisi oli töötajate valimis liialt vähe, mistõttu ei kujunenud välja tihedamaid liikumisi mingite tegevuskohtade vahel. Seetõttu seda eraldi ei käsitletud.

Tudengite õised liikumised on koondunud linnast välja liikumise suunal. Seda tugevalt kesklinn - pauluse ning pauluse - riia-puusepa suunal. Liigutakse ka peahoone tegevuskohast lähimate tegevuskohtade suunal. Võib järeldada, et need liikumised tähendavad eelkõige kesklinna piirkonnast koju liikumist. Üllatuseks oli palju liikumisi ka narva-raatuse - kesklinn suunal. See võib olla põhjustatud hilistest meelelahutajatest, kes liiguvad sel ajal kesklinna suunas, külastamaks klubi, baare või muid meelelahutusasutusi.



Joonis x. Tudengite õised liikumissuunad.

Arutelu

Valimis oli 173 indiviidi, kellest 49 olid töötajad ning 124 olid tudengid. Kuna domineeriv grupp olid tudengid, siis võiksid tegevuskohad ka sellest mõjutatud olla. Ent 7 ühise tegevuskoha näol, tuleb tõdeda, et nii see ei olnud. Kõik need tegevuskohad kajastusid gruppidel ka eraldi. Mõne tegevuskoha kese varieerus kuni 100 meetrit, ent ala jäi samaks. Enamike leitud tegevuskohtade näol on tegemist multifunktsionaalsete aladega ja mitmed neist liigituvad kesklinna piirkonda, kus on tihe ühendatus ja liikumine (Elias, 2003). Ainus tegevuskoht, mis kahtlust äratas oli riia-puusepa tegevuskoht. Mainitud tegevuskoha teke võis olla ka DBSCAN'i anomaalia. Sellegipoolest, oli riia-puusepa tegevuskoha läbitavus küllaltki kõrge, kõrgem kui meed-füüs ja võru-aardla tegevuskohtadel. Miskipärast ei tekkinud klastrit (tegevuskohta) Lõunakeskuse lähistele. Tudengite puhul algselt küll tekkis, ent DBSCAN'i leitud sobivate parameetritega sinna seda ei tekkinud. Tudengite puhul tuli klasterdades välja ka Eedeni tegevuskoht, ent töötajate ja tudengite ühisel klasterdamisel ei tulnud. Kindlasti on tegu piirkonna suurema tegevuskohaga ja huvitav oleks olnud näha ka selle tegevuskoha olemasolu analüüsis. See oleks taganud Tartu linna peale suurema kaetuse.

Võrguanalüüsis joonistus välja Tartu linna keskus (*hub*), milleks on kesklinna tegevuskoht (Riia maantee ja Turu tänava ristmik ja selle äärealad). Tudengite puhul oli tugev sidusus mainitud tegevuskoha, vanalinna (Tartu Ülikooli peahoone) ja Raatuse (Narva maantee ja Raatuse tänava ristmik) piirkondade vahel. Töötajate puhul Narva maanteel ja Riia maanteel olevad tegevuskohad. Üldiselt võib tõdeda, et kesklinna piirkond tervikuna on ühtne tihe võrgustik, milles toimub tihe liikumine erinevate tegevuskohtade vahel. Sellest joonistus välja ka kesklinna hea funktsionaalsus (Tallon & Bromley, 2004). Võru-aardla tegevuskoht nägi võrgustikuanalüüsis vähe liikumisi. Variant võib olla see, et seda tegevuskohta külastatakse ehk tihti, ent liikumisi selle tegevuskoha ja teiste tegevuskohtade vahel lihtsalt eriti palju ei toimu. Ka varasemates uuringutes on täheldatud, et linna äärealad ei ole nii tugevalt ühendatud kui on kesklinn ja seda ümbritsevad alad omavahel (Zhong et al., 2014). Küsimusi riia-puusepa tegevuskoht. Riia-puusepa tegevuskoha tugev esindatus tudengite ja töötajate liikumistes oli selle võrra veidram, et riia-puusepa ja keem-füüs tegevuskoha vaheline liikumise intensiivsus oli märkimisväärselt madalam. Põhjus võib olla ka selles, et kuigi liikumisi kesklinna poolt riia-puusepa tegevuskoha suunas on palju, siis edasine liikumine on võimalik näiteks Lõunakeskuse suunas, mistõttu analüüsis sellised edasiliikumised ei kajastunud. Üllatavalt madal liikumisaktiivsus oli tudengite puhul ka keem-füüs tegevuskohas.

Eksisteerib variant, et valimis olnud tudengitel polnud enamuses sealsetesse õppehoonetesse asja. Probleem võis olla ka meetoodiline.

DBSCAN'iga leitud klastrid andsid üldiselt alust käsitleda neid selliste tegevuskohtadena, kus pikemalt aega ka veedetakse. Kesklinna, narva-raatuse, peahoone, pauluse, võru-aardla ning keem-füüs tegevuskohad saab liigitada AOI'ks (*Area of Interest*). Tegemist on asukohtadega, millel on mitmeid funktsioone (Elias, 2003). Neis asuvad eluhooned, mitmed ettevõtted ja asutused. Riia-puusepa klaster tekitas aga küsimusi. Autor liigitas selle ebamääraseks kohaks (*vague area*) Tegevuskoha kese tekkis tegelikult rohkem Riia maantee ja N. Lunini ristmiku poole. Vahe tuli sellest, et töötajate puhul tekkis klaster Riia maantee ja N. Lunini ristmikule, ent tudengite puhul tekkis klaster Riia maantee ja L. Puusepa ristmikule. Mainitud ristmike lahutab umbes 100 meetrit. Klasteri kese jäi praktiliselt ristmike vahele, seetõttu otsustas autor tegevuskoha nimetada riia-puusepa. Sellegipoolest, tekitas selle tegevuskoha teke enim küsimusi. Läheduses asub toidupood ja Tartu Ülikooli kliinikum. Võimalik, et kliinikumi ja muude tegevuskohtade vahelised liikumised võisid tulemustes kajastuda. Sellele vaatamata ei saa kindlat järeldust luua.

DBSCAN'iga klastreid leides kasutati vähendatud andmepunktide koosseisu. Põhjus, miks vähendatud punktide koosseisu kasutati, oli DBSCAN'i võimekus ja ajakulu. Kõigi punktide kasutamisel oleks programmi töösoleku ajakulu suuresti tõusnud, ja võimekus adekvaatseid klastreid leida oleks langenud. Tegevuskohtade leidmisel kasutatud DBSCAN on väga tundlik sisendparameetritele, mistõttu tuli hoolikalt sisendparameetrid valida. Tuli teha hulk katsetusi, leidmaks korrektsed klastrid. Kindlasti oleks saanud neid veel peenhäälestada, ent sellegipoolest tekkisid tegevuskohtade klastrid üldjoontes oodatud asukohtadele. DBSCAN'il on ka mitmeid uuendatud ja parandatud versioone, mis on loodud kindlate probleemide lahendamisele. Siiski saab öelda, et ka algse DBSCAN'iga saab küllaltki edukalt klastreid leida juhul kui osatakse määrata sisendparameetreid. Leitud klastritest moodustasime polügoonid, mille diameeter oli 200 meetrit, saamaks klastrist veidi suurem kaetus lähedalt mööduvate trajektooride püüdmiseks. Ent mõnel juhul, ei pruukinud ka see piisav olla. Eelkõige keem-füüs tegevuskoha puhul, kuna tegu on küllaltki suurel alal oleva õppekompleksiga.

Trajektooride tegemiseks lõi ise algoritmi, mis lõi trajektoori järjestikest GPS punktidest juhul kui järjestike GPS punktide omavahelised kaugused olid alla 100 meetri. Vastasel juhul algas uus trajektoor. Selle tulemusel läks kaduma hulganisti GPS punkte. Oli mitmeid juhuseid kus järjestikused GPS punktid olid üksteisest kaugemal kui 100 meetrit. Selgemate ja paremate trajektooride saamiseks võiks algoritmi kaasata ka ajaandmed. Näiteks, kui järjestike GPS

punktide vahe on suurem kui 100 meetrit või ajaline vahe on rohkem kui 30 minutit. Selle tulemusel oleksid trajektoorid kindlasti korrektsemad.

Trajektooridest OD-matriksite loomiseks lõime samuti algoritmi. Välja sorteeriti kõik trajektoorid mis ristusid vähemalt kahe polügooniga. Trajektooride sorteerimisel tekkis ka suurem andmekadu, sest suur enamus trajektoore kas ei läbinud ühtegi polügooni või läbisid vaid ühte. Tudengite ja töötajate trajektooride puhul jäi OD-matriksite loomiseks järgi vaid 5% kõigist trajektooridest. Seetõttu võib öelda, et saadud tulemused on tugevalt üldistatud. Teisest küljest võib jällegi öelda, et kuna me vaatasime liikumisi vaid leitud tegevuskohtade raames, siis ei saagi kõrget trajektooride protsenti olla.

Võrgustikus olevad liikumissuunad sai kujutatud eri paksustes ja värvides nooltega. Selle jaoks leidsime kaalud (*weights*). Kaalud leiti liites kõik ühesed liikumised kokku. See tähendab, et näiteks kui tegevuskohast pauluse liiguti 45 korral tegevuskohta kesklinn, siis sai nende tegevuskohtade vahelised liikumised ääre (*edge*) näol kaaluks 45. Kaalud jaotati iga võrgu puhul suurusjaotuse järgi kolme klassi. Kõrge, keskmine ning madal. Siit võis mõnel juhul tekkida ka suurem üldistus. Teatud olukordades oleks vaja olnud suuremat klasside jaotust.

Kokkuvõte

Infotehnoloogia ajastu on pakkunud asukoha-tuvastuslike tehnoloogiate nagu GPS kättesaadavuse nutitelefonides, mis võimaldab suurepäraseid võimalusi kogumaks suurtes kogustes inimliikuvuse andmeid väga hea ajalis-ruumilise resolutsiooniga. Teadmised linnaruumi regulaarselt külastatavate kohtade osas ja liikumiste suunad on vajalikud seda eelkõige linnaplaneerimises ja transpordiplaneerimises.

Käesolevas töös leiti Tartu Ülikooli tudengite ja töötajate ühised tegevuskohad ja peamised liikumissuunad nende vahel. Ühisteks tegevuskohtadeks olid Riia mnt. ja Turu tänava ristmiku äärne ala (kesklinn), vanalinna ala (peahoone), Raatuse ja Narva mnt. ala (narva-raatuse), Aparaaditehase ja Pauluse kiriku ala (pauluse), Riia mnt. ja N. Lunini ning L. Puusepa ristmikud (riia-puusepa), õppekompleksid Ravila ja Nooruse tänavate ääres (keem-füüs) ning Võru ja Aardla tänavate ristmiku äärsed alad (võru-aardla).

Valdav enamus tegevuskohti pidasime AOI'deks (*Area of Interest*). Ühe tekkinud tegevuskoha määrasime ebamääraseks kohaks (*vague area*), milleks oli riia-puusepa tegevuskoht.

Välja paistis tugev ühendatus kesklinna piirkonna (kesklinn), vanalinna ala (peahoone), Raatuse piirkonna (narva-raatuse) ja Pauluse piirkonna (pauluse tegevuskoht) vahel. Peamised liikumissuunad väljendusid just nende tegevuskohtade vahel. Tartu kesklinnast kaugemal olevad tegevuskohad nägid vähem külastusi, mis tähendab, et tihedam liikumine toimub linna tsentris.

Erisused tulid välja kellaajalistes võrdlustes. Hommikused liikumised on koondunud õppehoonete piirkondadesse. Päevased ja õhtused liikumised on küllaltki kontsentreeritud kesklinna piirkonda ja sealsetesse tegevuskohtadesse. Öised liikumised on enamuses kesklinna piirkonnast väljuval suunal.

Võrgustikupõhise analüüsi populaarsus on ruumiandmetega tegutsemises märgatavalt kasvanud ning kasvab veelgi. Eelkõige annab võrgustikuanalüüs linnalistes uuringutes võimaluse uurida inimeste liikuvus käitumist ja liikumise voogusid ning seeläbi leida seletusi teatavale liikuvus käitumisele. Samuti annab see võimaluse tekitada paremini mõistetav visuaal inimeste liikuvus käitumise iseärasustest.

Regularly visited places and main directions of movement in Tartu city based on university students and workers

Kristo Kask

Summary

The era of ICT has provided the availability of location-detecting technologies such as GPS on smartphones, allowing excellent opportunities to collect large amounts of human-mobility data with a very good spatial and temporal resolution. Knowledge of regularly visited places in urban space and the direction of movements is necessary in particular in urban planning and transport planning.

In the thesis, common sites and main routes of movement between students and employees of the University of Tartu were found. The common sites were Riga mnt. and Turu Street intersection (kesklinn), Old Town area (peahoone), Raatuse and Narva mnt. area (narva-raatus), Aparate Factory and Paulus Church area (pauluse), Riga mnt. and N. Lunin and L. Puusepa intersections (riia-puusepa), educational complexes along Ravila and Noorus streets (keem-füüs), and lastly Võru and Aardla street intersection area (võru-aardla).

The vast majority of sites were considered AOI (Area of Interest). One of the sites we created was designated as a vague area, which was the site of the riia-puusepa.

There was a strong connection between the city centre area (kesklinn), old town area (peahoone), Raatuse area (narva-raatus) and the Paulus area (pauluse). The main directions of movement were expressed precisely between these sites. The sites further away from the city centre of Tartu saw fewer visits, meaning more intensive movement takes place in the city centre and its counterparts. The differences came out in time comparisons as well. Morning movements are concentrated in areas of study buildings. Daytime and evening movements are fairly concentrated in the downtown area and the sites there. Night movements are in most of the direction coming out of the downtown area.

The popularity of network-based analysis has grown considerably in terms of spatial data and is growing further. In particular, network analysis in urban studies provides an opportunity to study human mobility behaviour and flows of movement and thus to find explanations for certain mobility behaviours. It also provides an opportunity to produce a better-understood visual of human mobility from the peculiarities of behaviour.

Tänuavaldused

Täna oma juhendajaid Siiri Silma ning Amnir Hadachit soovituste, nõuannete ja abistavate märkuste eest ning Mobiilsusuuringute laborit, kes võimaldasid ligipääsu töös kasutatud andmetele.

Lisaks soovin tänada Shan Wud ja Henry Viirmäed, kes andsid soovitusi ja abi tööks vajalike algoritmide loomisel.

Kasutatud kirjandus:

- Aasa, A. (2019). *OD-matrices of daily regular movements in Estonia*. University of Tartu, Mobility Lab. <https://doi.org/10.23659/UTMOBLAB-1>
- Akdag, F., Eick, C. F., & Chen, G. (2014). Creating Polygon Models for Spatial Clusters. T. Andreassen, H. Christiansen, J.-C. Cubero, & Z. W. Raś (Toim), *Foundations of Intelligent Systems* (lk 493–499). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08326-1_50
- Andris, C. (2016). Integrating social network data into GISystems. *International Journal of Geographical Information Science*, 30(10), 2009–2031. <https://doi.org/10.1080/13658816.2016.1153103>
- Ankerst, M., Breunig, M. M., Kriegel, H.-P., & Sander, J. (1999). OPTICS: Ordering points to identify the clustering structure. *ACM SIGMOD Record*, 28(2), 49–60. <https://doi.org/10.1145/304181.304187>
- Barthelemy, M., & Flammini, A. (2008). Modeling urban street patterns. *Physical Review Letters*, 100(13), 138702. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.100.138702>
- Batty, M. (2013). *The New Science of Cities*. The MIT Press; JSTOR. <https://doi.org/10.2307/j.ctt9qf7m6>
- Brockmann, D., Hufnagel, L., & Geisel, T. (2006). The scaling laws of human travel. *Nature*, 439(7075), 462–465. <https://doi.org/10.1038/nature04292>
- Bromley, R. (2003). Social planning: Past, present, and future. *Journal of International Development*, 15(7), 819–830. <https://doi.org/10.1002/jid.1037>
- Cardillo, A., Scellato, S., Latora, V., & Porta, S. (2006). Structural Properties of Planar Graphs of Urban Street Patterns. *Physical review. E, Statistical, nonlinear, and soft matter physics*, 73, 066107. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.73.066107>
- Chen, Y.-C., & Dobra, A. (2018). Measuring Human Activity Spaces from GPS Data with Density

- Ranking and Summary Curves. *arXiv:1708.05017 [stat]*. <http://arxiv.org/abs/1708.05017>
- Danila, B., Yu, Y., Earl, S., Marsh, J. A., Toroczkai, Z., & Bassler, K. E. (2006). Congestion-gradient driven transport on complex networks. *Physical Review E*, 74(4), 046114. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.74.046114>
- De Montis, A., Caschili, S., & Chessa, A. (2013). Commuter networks and community detection: A method for planning sub regional areas. *The European Physical Journal Special Topics*, 215(1), 75–91. <https://doi.org/10.1140/epjst/e2013-01716-4>
- Dijst, M. (2004). ICTs and accessibility: An action space perspective on the impact of new information and communication technologies. M. Beuthe, V. Himanen, A. Reggiani, & L. Zamparini (Toim), *Transport Developments and Innovations in an Evolving World* (1k 27–46). Springer-Verlag Berlin.
- Dong, L., Li, R., Zhang, J., & Di, Z. (2016). Population-weighted efficiency in transportation networks. *Scientific Reports*, 6, 26377. <https://doi.org/10.1038/srep26377>
- Elias, B. (2003). Extracting Landmarks with Data Mining Methods. W. Kuhn, M. F. Worboys, & S. Timpf (Toim), *Spatial Information Theory. Foundations of Geographic Information Science* (1k 375–389). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-39923-0_25
- Ester, M., Kriegel, H.-P., & Xu, X. (1996). *A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise*. 6.
- Estivill-Castro, V., & Lee, I. (2002). Multi-Level Clustering and its Visualization for Exploratory Spatial Analysis. *GeoInformatica*, 6(2), 123–152. <https://doi.org/10.1023/A:1015279009755>
- Flamm, M., & Kaufmann, V. (2006). Operationalising the Concept of Motility: A Qualitative Study. *Mobilities*, 1(2), 167–189. <https://doi.org/10.1080/17450100600726563>
- Gaonkar, M. N., & Sawant, K. (2013). *AutoEpsDBSCAN: DBSCAN with Eps Automatic for Large Dataset*. <https://www.semanticscholar.org/paper/AutoEpsDBSCAN-%3A-DBSCAN->

with-Eps-Automatic-for-Large-Gaonkar-

Sawant/8cb6fe6ad5879c8a08151481642ba92c2d603596

- Ghanbarpour, A., & Minaei, B. (2014). EXDBSCAN: An extension of DBSCAN to detect clusters in multi-density datasets. *2014 Iranian Conference on Intelligent Systems (ICIS)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/IranianCIS.2014.6802561>
- Golledge, R. G. (1999). Human wayfinding and cognitive maps. R. G. Golledge (Toim), *Wayfinding Behavior: Cognitive Mapping and Other Spatial Processes* (1k 5–45). Johns Hopkins Univ Press.
- Golledge, R. G., & Stimson, R. J. (1997). *Spatial Behavior A Geographic Perspective*. New York The Guilford Press. [https://www.scirp.org/\(S\(vtj3fa45qm1ean45vvffcz55\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1893062](https://www.scirp.org/(S(vtj3fa45qm1ean45vvffcz55))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1893062)
- Gonzalez, M. C., Hidalgo, C. A., & Barabasi, A.-L. (2008). Understanding individual human mobility patterns. *Nature*, *453*(7196), 779–782. <https://doi.org/10.1038/nature06958>
- Guha, S., Rastogi, R., & Shim, K. (2001). Cure: An efficient clustering algorithm for large databases. *Information Systems*, *26*(1), 35–58. [https://doi.org/10.1016/S0306-4379\(01\)00008-4](https://doi.org/10.1016/S0306-4379(01)00008-4)
- Guo, D., Zhu, X., Jin, H., Gao, P., & Andris, C. (2012). Discovering Spatial Patterns in Origin-Destination Mobility Data. *Transactions in GIS*, *16*(3), 411–429. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2012.01344.x>
- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). *Data Mining*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-61819-5>
- He, L., Páez, A., & Liu, D. (2017). Persistence of Crime Hot Spots: An Ordered Probit Analysis. *Geographical Analysis*, *49*(1), 3–22. <https://doi.org/10.1111/gean.12107>
- Hillier, B., & Iida, S. (2005). Network and Psychological Effects in Urban Movement. A. G. Cohn

- & D. M. Mark (Toim), *Spatial Information Theory* (lk 475–490). Springer.
https://doi.org/10.1007/11556114_30
- Hinneburg, A., & Gabriel, H.-H. (2007). DENCLUE 2.0: Fast Clustering Based on Kernel Density Estimation. M. R. Berthold, J. Shawe-Taylor, & N. Lavrač (Toim), *Advances in Intelligent Data Analysis VII* (lk 70–80). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-74825-0_7
- Hollenstein, L., & Purves, R. S. (2010). *RESEARCH ARTICLE Exploring place through user-generated content: Using Flickr tags to describe city cores.*
- Hu, Y., Gao, S., Janowicz, K., Yu, B., Li, W., & Prasad, S. (2015). Extracting and understanding urban areas of interest using geotagged photos. *Computers Environment and Urban Systems*, *54*, 240–254. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2015.09.001>
- Hägerstrand, T. (1970). What About People in Regional Science? *Papers in Regional Science*, *24*(1), 7–24. <https://doi.org/10.1111/j.1435-5597.1970.tb01464.x>
- Jones, C. B., Purves, R. S., Clough, P. D., & Joho, H. (2008). Modelling vague places with knowledge from the Web. *International Journal of Geographical Information Science*, *22*(10), 1045–1065. <https://doi.org/10.1080/13658810701850547>
- Karypis, G., Eui-Hong Han, & Kumar, V. (1999). Chameleon: Hierarchical clustering using dynamic modeling. *Computer*, *32*(8), 68–75. <https://doi.org/10.1109/2.781637>
- Kaufman, L., & Rousseeuw, P. (2009). *Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis.*
- Kwan, M.-P. (2013). Beyond Space (As We Knew It): Toward Temporally Integrated Geographies of Segregation, Health, and Accessibility. *Annals of the Association of American Geographers*, *103*(5), 1078–1086. <https://doi.org/10.1080/00045608.2013.792177>
- Lee, J. Y., & Kwan, M.-P. (2011). Visualisation of Socio-Spatial Isolation Based on Human Activity Patterns and Social Networks in Space-Time. *Tijdschrift Voor Economische En Sociale Geografie*, *102*(4), 468–485. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9663.2010.00649.x>

- Liu, P., Zhou, D., & Wu, N. (2007). VDBSCAN: Varied Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise. *2007 International Conference on Service Systems and Service Management*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICSSSM.2007.4280175>
- Liu, Q., Deng, M., Shi, Y., & Wang, J. (2012). A density-based spatial clustering algorithm considering both spatial proximity and attribute similarity. *Computers & Geosciences*, *46*, 296–309. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2011.12.017>
- Liu, X., Gong, L., Gong, Y., & Liu, Y. (2015). Revealing travel patterns and city structure with taxi trip data. *Journal of Transport Geography*, *43*, 78–90. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.01.016>
- Lu, Y., & Liu, Y. (2012). Pervasive location acquisition technologies: Opportunities and challenges for geospatial studies. *Computers, Environment and Urban Systems*, *36*(2), 105–108. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2012.02.002>
- Mazey, M. (1981). The Effect of a Physio-Political Barrier Upon Urban Activity Space. *Ohio Journal of Science*, *81*(5–6), 212–217.
- McKenzie, G., Janowicz, K., Gao, S., Yang, J.-A., & Hu, Y. (2015). POI Pulse: A Multi-granular, Semantic Signature–Based Information Observatory for the Interactive Visualization of Big Geosocial Data. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*. <https://doi.org/10.3138/cart.50.2.2662>
- Miller, H. J. (2008). Geographic Data Mining and Knowledge Discovery. *The Handbook of Geographic Information Science* (1k 352–366). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470690819.ch19>
- Montello, D. R., Goodchild, M. F., Gottsegen, J., & Fohl, P. (2003). Where’s Downtown?: Behavioral Methods for Determining Referents of Vague Spatial Queries. *Spatial Cognition & Computation*, *3*(2–3), 185–204. <https://doi.org/10.1080/13875868.2003.9683761>

- Nandi, M. (2015). *Density-Based Clustering*. Data Science Blog by Domino. <https://blog.dominodatalab.com/topology-and-density-based-clustering/>
- Neill, D. B. (2009). An empirical comparison of spatial scan statistics for outbreak detection. *International Journal of Health Geographics*, 8(1), 20. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-8-20>
- Newman, M. E. J. (2006). Modularity and community structure in networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(23), 8577–8582. <https://doi.org/10.1073/pnas.0601602103>
- Newman, M. E. J., & Girvan, M. (2004). Finding and evaluating community structure in networks. *Physical Review E*, 69(2), 026113. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.69.026113>
- Nojarov, P. (2017). Genetic climatic regionalization of the Balkan Peninsula using cluster analysis. *Journal of Geographical Sciences*, 27, 43–61. <https://doi.org/10.1007/s11442-017-1363-y>
- Pei, T., Wan, Y., Jiang, Y., Qu, C., Zhou, C., & Qiao, Y. (2011). Detecting arbitrarily shaped clusters using ant colony optimization. *International Journal of Geographical Information Science*, 25(10), 1575–1595. <https://doi.org/10.1080/13658816.2010.533674>
- Pei, T., Wang, W., Zhang, H., Ma, T., Du, Y., & Zhou, C. (2015). Density-based clustering for data containing two types of points. *International Journal of Geographical Information Science*, 29(2), 175–193. <https://doi.org/10.1080/13658816.2014.955027>
- Raubal, M., & Winter, S. (2002). Enriching Wayfinding Instructions with Local Landmarks. M. J. Egenhofer & D. M. Mark (Toim), *Geographic Information Science* (1k 243–259). Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-45799-2_17
- Saxena, A., Prasad, M., Gupta, A., Bharill, N., Patel, O. P., Tiwari, A., Er, M. J., Ding, W., & Lin, C.-T. (2017). A review of clustering techniques and developments. *Neurocomputing*, 267, 664–681. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2017.06.053>
- Schönfelder, S., & Axhausen, K. (2010). Urban rhythms and travel behaviour: Spatial and

- temporal phenomena of daily travel. *Urban Rhythms and Travel Behaviour: Spatial and Temporal Phenomena of Daily Travel*, 1–230.
- Schönfelder, S., & Axhausen, K. W. (2003). Activity spaces: Measures of social exclusion? *Transport Policy*, *10*(4), 273–286. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2003.07.002>
- Sheikholeslami, G., Chatterjee, S., & Zhang, A. (1998). WaveCluster: A Multi-Resolution Clustering Approach for Very Large Spatial Databases. *VLDB*.
- Shekhar, S., Evans, M. R., Kang, J. M., & Mohan, P. (2011). Identifying patterns in spatial information: A survey of methods. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, *1*(3), 193–214. <https://doi.org/10.1002/widm.25>
- Shiode, S. (2011). Street-level Spatial Scan Statistic and STAC for Analysing Street Crime Concentrations. *Transactions in GIS*, *15*(3), 365–383. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2011.01255.x>
- Soh, H., Lim, S., Zhang, T., Fu, X., Lee, G. K. K., Hung, T. G. G., Di, P., Prakasam, S., & Wong, L. (2010). Weighted complex network analysis of travel routes on the Singapore public transportation system. *Physica A-Statistical Mechanics and Its Applications*, *389*(24), 5852–5863. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2010.08.015>
- Song, C., Qu, Z., Blumm, N., & Barabasi, A.-L. (2010). Limits of Predictability in Human Mobility. *Science*, *327*(5968), 1018–1021. <https://doi.org/10.1126/science.1177170>
- Stead, D., & Marshall, S. (2001). The Relationships between Urban Form and Travel Patterns. An International Review and Evaluation. *Stead, D. and Marshall, S. (2001) The relationships between urban form and travel patterns: an international review and evaluation. European Journal of Transport and Infrastructure Research*, *1* (2). pp. 113-141. ISSN 15677141, 1. <https://doi.org/10.18757/ejtir.2001.1.2.3497>
- Sun, H. J., Wu, J. J., & Gao, Z. Y. (2008). Dynamics of traffic networks: From microscopic and macroscopic perspectives. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, *387*(7),

1648–1654. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2007.10.054>

- Sun, L., Axhausen, K. W., Lee, D.-H., & Huang, X. (2013). Understanding metropolitan patterns of daily encounters. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *110*(34), 13774–13779. <https://doi.org/10.1073/pnas.1306440110>
- Zhang, T., Ramakrishnan, R., & Livny, M. (1996). BIRCH: An efficient data clustering method for very large databases. *ACM SIGMOD Record*, *25*(2), 103–114. <https://doi.org/10.1145/235968.233324>
- Zhang, Y., Ye, N., Wang, R., & Malekian, R. (2016). A Method for Traffic Congestion Clustering Judgment Based on Grey Relational Analysis. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *5*, 71. <https://doi.org/10.3390/ijgi5050071>
- Zhao, K., Khryashchev, D., Freire, J., Silva, C., & Vo, H. (2016). Predicting Taxi Demand at High Spatial Resolution: Approaching the Limit of Predictability. J. Joshi, G. Karypis, L. Liu, X. Hu, R. Ak, Y. Xia, W. Xu, A. H. Sato, S. Rachuri, L. Ungar, P. S. Yu, R. Govindaraju, & T. Suzumura (Toim), *2016 Ieee International Conference on Big Data (big Data)* (1k 833–842). Ieee.
- Zhao, P., Qin, K., Ye, X., Wang, Y., & Chen, Y. (2017). A trajectory clustering approach based on decision graph and data field for detecting hotspots. *International Journal of Geographical Information Science*, *31*(6), 1101–1127. <https://doi.org/10.1080/13658816.2016.1213845>
- Zhong, C., Arisona, S. M., Huang, X., Batty, M., & Schmitt, G. (2014). Detecting the dynamics of urban structure through spatial network analysis. *International Journal of Geographical Information Science*, *28*(11), 2178–2199. <https://doi.org/10.1080/13658816.2014.914521>
- Tallon, A. R., & Bromley, R. D. F. (2004). Exploring the attractions of city centre living: Evidence and policy implications in British cities. *Geoforum*, *35*(6), 771–787. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2004.05.004>

- Wan, Y., Pei, T., Zhou, C., Jiang, Y., Qu, C., & Qiao, Y. (2012). ACOMCD: A multiple cluster detection algorithm based on the spatial scan statistic and ant colony optimization. *Computational Statistics & Data Analysis*, 56(2), 283–296. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2011.08.001>
- Wang, B., Zhang, C., Song, L., Zhao, L., Dou, Y., & Yu, Z. (2015). Design and optimization of DBSCAN Algorithm based on CUDA. *arXiv:1506.02226 [cs]*. <http://arxiv.org/abs/1506.02226>
- Wang, J., Wei, D., He, K., Gong, H., & Wang, P. (2014). Encapsulating Urban Traffic Rhythms into Road Networks. *Scientific reports*, 4, 4141. <https://doi.org/10.1038/srep04141>
- Wang, P., Hunter, T., Bayen, A., Schechtner, K., & Gonzalez, M. C. (2012). Understanding Road Usage Patterns in Urban Areas. *Scientific reports*, 2, 1001. <https://doi.org/10.1038/srep01001>
- Wang, W., Yang, J., & Muntz, R. R. (1997). STING: A Statistical Information Grid Approach to Spatial Data Mining. *Proceedings of the 23rd International Conference on Very Large Data Bases*, 186–195.
- Xu, F., Shi, Y., Deng, M., Gong, J., Liu, Q., & Jin, R. (2017). Multi-scale regionalization based mining of spatio-temporal teleconnection patterns between anomalous sea and land climate events. *Journal of Central South University*, 24(10), 2438–2448. <https://doi.org/10.1007/s11771-017-3655-x>
- Yamada, I., & Thill, J.-C. (2007). Local Indicators of Network-Constrained Clusters in Spatial Point Patterns. *Geographical Analysis*, 39(3), 268–292. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.2007.00704.x>
- Yan, X.-Y., Han, X.-P., Wang, B.-H., & Zhou, T. (2013). Diversity of individual mobility patterns and emergence of aggregated scaling laws. *Scientific Reports*, 3, 2678. <https://doi.org/10.1038/srep02678>

Yoshida, D., Song, X., & Raghavan, V. (2010). Development of track log and point of interest management system using Free and Open Source Software. *Applied Geomatics*, 2(3), 123–135. <https://doi.org/10.1007/s12518-010-0028-7>

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Kristo Kask

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Regulaarselt külastatavad kohad ja liikumissuunad Tartu linnas üliõpilaste ja töötajate näitel“, mille juhendajad on Siiri Silm ja Amnir Hadachi,
 - 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, 25.05.2020