

<https://helda.helsinki.fi>

Mobiiltelefonid ühiskonna aegruumilises analüüsis

Silm, Siiri

TLÜ Kirjastus, Tallinn University Press
2020

Silm , S & Järv , O 2020 , Mobiiltelefonid ühiskonna aegruumilises analüüsis . in Kuidas mõista andmestunud maailma? : Metodoloogiline teejuht . Gigantum Humeris , TLÜ Kirjastus, Tallinn University Press , Tallinn , pp. 622-652 . < <http://www.digar.ee/id/nlib-digar:448917> >

<http://hdl.handle.net/10138/350108>

publishedVersion

Downloaded from Helda, University of Helsinki institutional repository.

This is an electronic reprint of the original article.

This reprint may differ from the original in pagination and typographic detail.

Please cite the original version.

**KUIDAS MÕISTA
ANDMESTUNUD MAAILMA?**

GIGANTUM HUMERIS

SARJA KOLLEGIUM

Airi-Alina Allaste (Tallinna Ülikool)
Karsten Brüggemann (Tallinna Ülikool)
Tiina Elvisto (Tallinna Ülikool)
Indrek Ibrus (Tallinna Ülikool)
Marju Kõivupuu (Tallinna Ülikool)
Mihhail Lotman (Tallinna Ülikool, Tartu Ülikool)
Rain Mikser (Tallinna Ülikool)
Katrín Níglas (Tallinna Ülikool)
Hannes Palang (Tallinna Ülikool)
Ülar Ploom (Tallinna Ülikool)
Kristjan Port (Tallinna Ülikool)
Jaan Puhvel (California Los Angelese Ülikool)
Tõnis Põder (Tallinna Ülikool)
Rein Raud (Tallinna Ülikool)
Raivo Stern (Keemilise ja Bioloogilise Füüsika Instituut)
Marek Tamm (Tallinna Ülikool)
Peeter Torop (Tartu Ülikool)
Jaan Valsiner (Aalborgi Ülikool)
Anna Verschik (Tallinna Ülikool)
Airi Värnik (Tallinna Ülikool)

Tallinna Ülikool

KUIDAS MÕISTA ANDMESTUNUD MAAILMA?

METODOLOOGILINE TEEJUHT

Koostanud ja toimetanud
Anu Masso, Katrin Tiidenberg
ja Andra Siibak

TLÜ Kirjastus
Tallinn 2020



GIGANTUM HUMERIS

Gigantum Humeris
Kuidas mõista andmestunud maailma?
Metodoloogiline teejuht

Õpik kõrgkoolidele
Väljaandmist toetasid programmi „Eestikeelsete kõrgkooliõpikute loomise
toetamise põhimõtted 2018–2027“ raames:



HARIDUS- JA
TEADUSMINISTEERIUM

Tööd terminoloogiaga toetas Eesti Keele Instituut keeleprogrammist
„Eesti oskuskeelekorralduse ja terminitöö toetamise põhimõtted (2019–2027)“

Keeletoimetaja Sirje Ratso
Korrektor Kai Nurmik
Aineloendi koostaja Leino Pahtma
Toimetajate assistent Liina Deutschler
Illustratsioonide autor Ave Taavet
Kaanepildi autor Janne Lias
Küljendaja Sirje Ratso
Sarja makett: Rakett

Autoriõigus: peatükkide, vahetekstide ja illustratsioonide autorid, 2020
Autoriõigus (koostamine): Anu Masso, Katrin Tiidenberg ja Andra Siibak, 2020
Autoriõigus: Tallinna Ülikooli Kirjastus, 2020

ISSN 2228-1029
ISBN 978-9985-58-889-5

TLÜ Kirjastus
Narva mnt 25
10120 Tallinn
www.tlupress.com

Trükk: Folger Art

SISUKORD

Eessõna 7

Sissejuhatus (*Anu Masso, Katrin Tiidenberg, Andra Siibak*) 11

1. Maailma andmestumine

- 1.1. Andmepõhine muutuste juhtimine
(*Anu Masso, Triin Vihalemm, Leno Saarniit*) 41
- 1.2. Andmete õiguslik kaitse ja kasutamine teadustöös
(*Aleksei Kelli, Irene Kull, Age Värv*) 70
- 1.3. Avaandmete kasutusvõimalused ja piirangud
(*Mai Beilmann, Ave Roots*) 97
- 1.4. Eetika ja privaatsus (*Katrin Tiidenberg, Andra Siibak*) 119

2. (Suur)andmete mõtestamine

- 2.1. (Suur)andmete visuaalne esitamine (*Anto Aasa*) 149
- 2.2. Sotsiaalvõrgustike analüüs (*Innar Liiv*) 178
- 2.3. Agendipõhine modelleerimine (*Kuldar Taveter*) 210
- 2.4. Masinõppe meetodid ja rakendused suurandmete
töötlemisel (*Toomas Kirt*) 241

3. Teksti- ja tajuandmete analüüs

- 3.1. Tekstikaeve (*Kristel Uiboaed*) 283
- 3.2. Digitaalsed tekstiandmed ja korpuslingvistika
(*Kadri Muischnek, Liina Lindström*) 306
- 3.3. Automatiseeritult hoiakute mõõtmine ja meelestatuse
analüüs (*Mare Koit, Haldur Õim*) 340
- 3.4. Pilgujälgimine (*Kristian Pentus, Andres Kuusik*) 368

4. Lugude jutustamine andmetest ja andmetega

- 4.1. Digiajaloo ja -arheoloogia uurimismeetodid
(*Marek Tamm, Hembo Pagi*) 409

4.2. Ajakirjandus (suur)andmete ajastul (<i>Ragne Kõuts-Klemm, Marju Himma-Kadakas</i>)	434
4.3. Diskursusanalüüs andmestunud ühiskonnas (<i>Katrin Tiidenberg, Anu Masso, Maili Pilt, Liisi Laineste</i>)	462
4.4. Narratiivid sotsiaalmeedias (<i>Maili Pilt, Liisi Laineste</i>)	494
5. Platvormid ja andmetaristud uurimisvahendi ja -objektina	
5.1. Audiovisuaalne kultuur, metaandmed ja lingianalüüs (<i>Indrek Ibrus, Maarja Ojamaa</i>)	531
5.2. Internetiandmete kasutamine tööturu-uuringuteks (<i>Anna Veremchuk, Jaan Masso</i>)	569
5.3. Sotsiaalmeedia andmete sotsiaal-ruumiline analüüs (<i>Olle Järv, Kerli Müürisepp</i>)	597
5.4. Mobiiltelefonid ühiskonna aegruumilises analüüsis (<i>Siiri Silm, Olle Järv</i>)	622
6. Iseteadlik ja teovõimeline inimene andmeühiskonnas	
6.1. Küsitlusuuringud internetis (<i>Mare Ainsaar, Indrek Soidla, Ave Roots</i>)	653
6.2. Etnograafia andmestunud ühiskonnas: osalusvaatlus ja välitöömärkmehed (<i>Katrin Tiidenberg</i>)	680
6.3. Veebiintervjuud, projektiivtehnikad ja loovuurimis- meetodid (<i>Maria Murumaa-Mengel</i>)	707
6.4. Autoetnograafia andmestunud ühiskonnas (<i>Pille Pruulmann-Vengerfeldt</i>)	739
Terminisõnastik	763
Aineloend	779
Autorid	793

5.4. MOBIILTELEFONID ÜHISKONNA AEGRUUMILISES ANALÜÜSIS¹

Siiri Silm, Olle Järv

Autorid pühendavad selle peatüki Tartu Ülikooli mobiilsusuuringute labori asutajale, varalahkunud professor Rein Ahasele

LUGEMISSOOVITUSED

- Rob Kitchin, *The Data Revolution: Big Data, Open Data, Data Infrastructures and Their Consequences*. Sage 2014.
- Paola Pucci, Fabio Manfredini, Paolo Tagliolato (eds.), *Mapping Urban Practices Through Mobile Phone Data*. Springer 2015.
- Kaja Pae, Rein Ahas, Ülar Mark (eds.), *Joint Space: Open Source on Mobile Positioning and Urban Studies*. Tallinn: Positium 2006.

5.4.1. Sissejuhatus

Praegust ühiskonda iseloomustab suurenev liikuvus ehk mobiilsus. Üleilmastunud ja võrgustunud maailmas liiguvad kõik (asjad, info, raha, prügi, inimesed) enneolematu kiiruse ja mahtudega ning see moodustab tervikliku voogude ruumi (Castells 1996). Mobiilsuse paradigma kohaselt on liikumine muutunud 21. sajandil nähtuseks isenesest (Sheller, Urry 2006): töäjõud on liikuvam, rahvusvaheline turism on muutunud elustiiliks ning järjest tavapärasem on liikumine mitme elu- ja töökoha vahel. Inimeste igapäevane elukorraldus on ajaliselt ja ruumiliselt üha keerukam. Võimekust olla liikuv nii füüsilises kui ka sotsiaalses ruumis võib vaadelda kui uut kapitali vormi (Kaufmann *et al.* 2004).

Ühiskonna parema korraldamise ja planeerimise ning sotsiaalse võrdsuse ja jätkusuutliku arengu edendamiseks liikuvast maailmast on

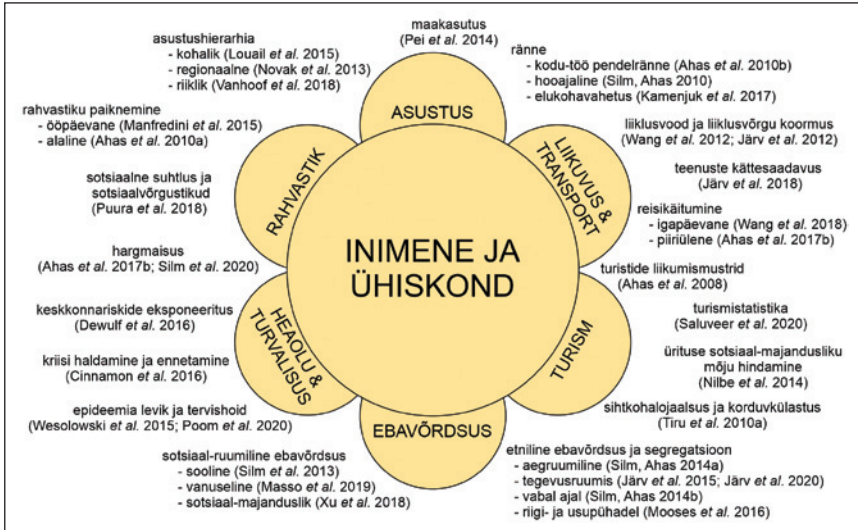
¹ Peatüki valmimisel on olnud toeks Sihtasutus Eesti Teadusagentuuri grant PUT PRG306, Eesti teadustaristu teekaardi projekt „Infotehnoloogiline mobiilsusobservatoorium“ (IMO), Tartu Ülikooli ASTRA projekt PER ASPERA, Euroopa Regionaalarengu Fond ja Kone Fond.

vaja uusi meetodeid ja lähenemisviise, mis võimaldavad dünaamiliselt uurida inimeste igapäevast käitumist ajas ja ruumis nii indiviidi tasandil kui ka rahvastiku paiknemise trende. Digiajastule omaselt loovad inimeste kasutatavad digitaalsed lahendused andmestikke, mille kaudu saab selgitada inimeste liikumist ja rahvastiku paiknemist. Sellised andmestikud on kaugseire pildid, ühistranspordi ja panga kiipkaartide toimingud, mitmesuguste sensorite (nt GPS, WiFi) andmed, asukohamärgistusega fotod ja sotsiaalmeedia postitused, manuaalsed (nt Foursquare) *check-in*'id ning mobiiltelefonide positsioneerimine. Uutest võimalustest nähakse just mobiiltelefonide positsioneerimises üht parimat ühiskonna uurimise andmeallikat, millele siinne peatükk detailsemalt keskendub.

Mobiiltelefonid annavad unikaalse võimaluse inimeste liikuvuse uurimiseks, kuna tegemist on ühe kõige enam levinud kaasaskantava tehnoloogiaga – suur osa ehk maailmas üle 5 miljardi elaniku omab mobiiltelefoni ja kasutajate hulk kasvab aina (GSMA Intelligence 2020). Mobiiltelefonide positsioneerimine tähendab lihtsustatult öeldes mobiiltelefoni kandja asukoha jälgimist ajas ja ruumis. Mobiilpositsioneerimise meetodit hakati rakendama 2000. aastate alguses (Asakura, Hato 2004). Üks esimesi meetodi kasutajaid ühiskonna ruumiliste nähtuste uurimisel oli Rein Ahas, Tartu Ülikooli inimgeograafia professor ja mobiilsusuuringute labori (<http://mobilitylab.ut.ee>) looja, kes nimetas seda sotsiaalse positsioneerimise meetodiks (SPM) – andmete kogumise ja analüüsi vahend, kus mobiiltelefoni aegruumilise jäljerea info ühendatakse telefoni kandja sotsiaalsete tunnustega (Ahas, Mark 2005).

Inimese mobiilpositsioneerimisel saadud digitaalne jäljerida aitab tuvastada tema külastatud kohtade seast olulised personaalsed tegevuskohad (nt elu- ja töökoha; Ahas *et al.* 2010b), hinnata tegevuskohtadevahelist liikumist (Ahas *et al.* 2007) ning anda ülevaate inimese igapäevasest ja pikaajalisest tegevusruumist (Järv *et al.* 2014). Üksikute indiviidide aegruumilisest käitumisest saab agregeerida kogu rahvastiku liikumise ja paiknemise dünaamikat ning seeläbi koguda uusi teadmisi ühiskonnanähtuste ja -protsesside kohta (joonis 5.4.1).

Lisaks võimaldab mobiilpositsioneerimine saada täpset teavet inimese asukohtadest ja liikumistest tagasivaatavalt. Aastatepikkune aegrida võimaldab analüüsida nii indiviidi elutsüklilist tulenevaid muutusi ruumikasutuses kui ka põlvkondadevahelisi erisusi (Masso *et al.* 2019),



Joonis 5.4.1. Väljavõtte valdkondadest ja teemadest, kus mobiilpositsioneerimise andmeid rakendatakse

samuti ühiskonnas toimuvaid muutusi ja pikaajalisi trende. Peale selle saaks mobiilpositsioneerimist kasutada ka reaajas, mis on üheks eelduseks tarkade linnade toimimisel ja haldamisel (Batty et al. 2012).

Järgnevalt anname ülevaate mobiilpositsioneerimise eri meetoditega saadavatest andmetest (alaptk 5.4.2), eetilistest ja andmehalduse küsimustest (alaptk 5.4.3), andmetötluse ja analüüsimeetoditest (alaptk 5.4.4) ning meetodi tugevustest, nõrkustest ja tulevikuvõimalustest (alaptk 5.4.5).

5.4.2. Andmed

Mobiilpositsioneerimise abil andmete kogumine on tehniliselt võimalik igas mobiilsideoperaatori võrgus ja iga mobiiltelefoni puhul, mis kasutab võrgu sideühendust. Positsioneerimise meetod (vt tekstikast 5.4.1), salvestatavate andmete iseloom ja kvaliteet erinevad mobiilsideoperaatori sidevõrgu lahendusest, kasutatavast riistvarast ja tarkvarast ning andmehalduse süsteemist lähtuvalt (nt Asakura, Hato 2004). Üldiselt koosneb mobiilpositsioneerimise andmestik kahest elemendist: geograafilisest

TEKSTIKAST. 5.4.1. MOBIILPOSITSIONEERIMISE VIISID

Mobiilpositsioneerimise saab üldiselt jagada kaheks:

- 1) mobiilsidevõrgupõhine positsioneerimine – võimaldab hinnata mobiiltelefoni kasutajate paiknemist sidevõrgukoormuse kaudu ehk näiteks seda, kui mitme inimese telefon on ühenduses teatud mobiilsideantenniga;
- 2) mobiiltelefonipõhine positsioneerimine – võimaldab uurida iga mobiiltelefoni eraldi kas individipõhiselt või agregeeritult. Individipõhine viis jaguneb positsioneerimismeetodi iseloomu alusel:
 - a) passiivne positsioneerimine – mobiilsideoperaatorilt saadavad automaatselt salvestatud mobiiltelefonide asukohaandmed,
 - b) aktiivne positsioneerimine – telefoni asukoha leidmine mobiilsidevõrgu signaalide abil mobiilsideoperaatori tehtud eraldi päringuga,
 - c) nutitelefoni põhine positsioneerimine – telefoni asukoha leidmine nutitelefoni sisse ehitatud andurite kaudu.

asukohast ja ajahetkest. Seetõttu on mobiilpositsioneerimise andmestik sarnane muude inimeste liikuvust kajastavate andmekogumismeetoditega (reisipäevikud, küsimustikud või GPS-seadmete põhised uuringud).

5.4.2.1. PASSIIVNE MOBIILPOSITSIONEERIMINE

Passiivse mobiilpositsioneerimise korral kasutatakse mobiilsideoperaatorilt saadavaid automaatselt salvestatud andmeid. Seega on tegemist sekundaarandmetega, kuna nende kogumise algne eesmärk oli teine. Kõige levinum andmestik on mobiiltelefonidega tehtud kõnetoimingud (*call detail record*, CDR). Vähem kasutatakse andmeside mahtude (*data communication*), sideühenduste loomise (*radio resource control*) või operaatori automaatseid telefonide asukoha kontrollimise (*location update*) andmestikke.

Kõnetoimingute andmestik koosneb andmekirjetest mobiiltelefoni kasutamise kohta mobiilsidevõrgus: sisenenud ja väljunud kõned ning saadetud sõnumid. Kõnetoimingute andmed saab jagada kolmeks:

- 1) kohalike telefonide kõnetoimingud kohalikus mobiilsidevõrgus,
- 2) välismaa telefonide kõnetoimingud kohalikus mobiilsidevõrgus ja
- 3) kohalike telefonide kõnetoimingud välismaa mobiilsidevõrgus. Tavaliselt sisaldavad passiivse mobiilpositsioneerimise andmed järgmisi tunnuseid: telefonikasutaja unikaalne identifitseerimiskood, kõnetoimingu

alguse aeg ja kõnetoimingu alguses sideühenduse pakkuva mobiilsideantenni unikaalne identifitseerimiskood, näiteks helistas ID 12345 kell 22:03:11 kuupäeval 8.09.2018 sidemasti antennist ID 64353.

Mobiilsideoperaator genereerib igale mobiiltelefoninumbrile unikaalse identifitseerimiskoodi. Sellega anonümiseeritakse ehk umbisikustatakse teadlastele väljastatavad andmed (kasutatakse ka terminit „pseudonümiseerima“, sest ID-de „võti“ jääb mobiilsideoperaatorile alles). Teadlastele antavaid andmeid ei saa siduda ühegi konkreetse isiku, telefoninumbri ega SIM-kaardi seeriakoodiga. Telefoni kasutaja ID võib jääda ajas muutumatuks ja võimaldab tuvastada andmestikust kasutaja kõik kõnetoimingud ka juhul, kui ta lahkub kohalikust mobiilsidevõrgust välismaale ja naaseb hiljem. Ka kohalikus mobiilsidevõrgus kõnetoiminguid teinud välismaa telefonidele antakse ajas säiliv kasutaja-ID ja tuvastatakse telefoninumbri päritoluriik.

Mobiilsideantenni ID on seotav mobiilsidemasti ID-ga, mille külge antenn on paigaldatud, ning selle kaudu konkreetse masti geograafiliste koordinaatidega (x, y). Kohalike telefonide välismaa mobiilsidevõrgus tehtud kõnetoimingute puhul on tavapärast teada ainult välisriik, kus rändlusteenust on kasutatud. Teoreetiliselt on võimalik tuvastada ka välisriigis kõnetoimingu asukoht mobiilsidemasti täpsusega, kõnetoimingu lõppemise aeg, mobiilsideantenni ID, kus sideühendus lõpetati, ning teise kasutaja ID, kellele kõnetoiming tehti, kuid seni on sellist teavet vähe kasutatud (Puura *et al.* 2018).

TEKSTIKAST 5.4.2. TARTU ÜLIKOOLI MOBIILSUSUURINGUTE LABORIS OLEMASOLEVAD ANDMED

Tartu Ülikooli mobiilsusuuringute laborile ja selle kõrvalfirmale Positium OÜ on mobiilsideoperaator andnud Eestis tehtud kõnetoimingute andmeid alates 2006. aastast ehk nüüdseks on olemas juba üle 10 aasta pikkune maailmas unikaalne katkematu kõnetoimingute aegrida, mis sisaldab:

- Eesti telefonide kõnetoimingud Eestis,
- välismaa telefonide kõnetoimingud Eestis,
- Eesti telefonide kõnetoimingud välismaal.

Andmete kasutamine on võimalik koostöös Tartu Ülikooli mobiilsusuuringute laboriga. Selleks tuleb sõlmida andmete kasutamise leping ja töödelda andmeid mobiilsusuuringute labori tööjaamas. Huvi korral võtta ühendust Tartu Ülikooli mobiilsusuuringute laboriga (mobilitylab@ut.ee).

Lisaks mobiilpositsioneerimise andmetele on mobiilsideoperaatoritel võimalik anda telefoni kasutajate kohta mõningaid taustatunnuseid. Sellised taustaandmed sõltuvad sideoperaatori klientidelt küsitavatest taustaandmetest ja operaatori valmisolekust neid andmeid jagada. Taustatunnuste kättesaadavus rahvusvahelises teadusmaailmas on siiani olnud keeruline. Erandiks on Tartu mobiilsusuuringute labori andmestik (vt tekstikast 5.4.2), kus lisaks kõnetoimingute andmetele on telefoni kasutajate kohta ka mõningad taustatunnused (sugu, vanus, eelistatud suhtluskeel operaatoriga) (Masso *et al.* 2019).

5.4.2.2. AKTIIVNE MOBIILPOSITSIONEERIMINE

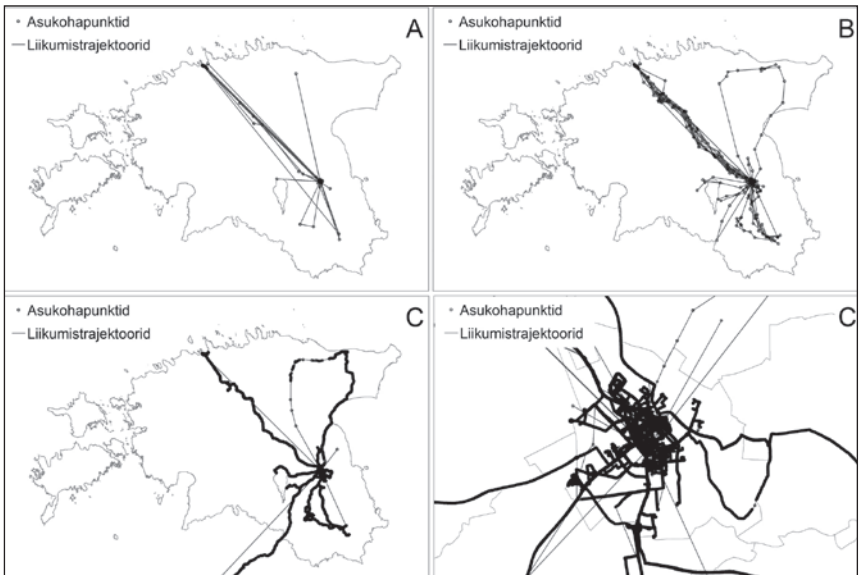
Aktiivne mobiilpositsioneerimine tähendab telefoni asukoha leidmist mobiilsidevõrgu signaalide abil mobiilsideoperaatori tehtud eraldi päringuga ja eeldab respondendi eelnevat nõusolekut positsioneerimiseks (nt positsioneerimise mobiiltelefoni nr 50101110 asukoht 31.05.2018 kell 14:00:00).

Aktiivse positsioneerimise andmestik koosneb positsioneeritud asukoha koordinaatidest (x, y) ja täpsest ajahetkest. Teadusuuringutes ühendatakse positsioneerimisel saadud info küsitluse teel täiendavalt saadud infoga. Näiteks selgitatakse välja inimese sotsiaal-majanduslik taust (nt vanus, haridus, sissetulek) ning reisikäitumine ja transpordikasutus (Ahas *et al.* 2007). Seetõttu on aktiivse mobiilpositsioneerimise meetodil kogutavad andmed sarnased reisipäeviku andmetega, kuid aegruumiliselt palju täpsemad.

5.4.2.3. NUTITELEFONIPÕHINE POSITSIONEERIMINE

Eelnevalt käsitletud aktiivsele mobiilpositsioneerimisele on mõneti sarnane kolmas ehk nutitelefoni põhine mobiilpositsioneerimine. Nutitelefoniid ja muud mobiilsed seadmed (nt tahvelarvutid) sisaldavad sisseehitatud andureid, millega saab eri viisidel määrata telefoni asukohta nii väljas (nt GPS) kui ka siseruumides (nt Wi-Fi, Bluetooth) ning koguda mitmesugust teavet liikumise iseloomu kohta (güroskoop, akseleromeeter, kompass). Lisaks on nutitelefoni andurite abil võimalik koguda teavet ümbritseva keskkonna kohta (nt valgusandur, heliandur, mikrofoni ja kaamera, baromeeter, termomeeter, hügromeeter).

Peale telefonis olevate andurite on võimalik nutitefoniga koguda infot ka uuringus osalejate telefonikasutuse (nt kõned, SMS-id, ekraani aktiveerimine, äratuskella helisemine), kõnepartnerite ja mobiiltelefonis olevate rakenduste kohta. Lisaks saab osalejaid küsitleda, et koguda täiendavat infot külastatud kohtade, liikumisharjumuste ja sotsiaalmajanduslike tunnuste kohta. Nutitefonid võimaldavad uurijatel uuringus osalejatelt lisaküsimusi küsida näiteks sõnumitega. Telefoni asukoha koordinaatide põhjal on küsimused automaatsed ja asukohaspetsiifilised. Näiteks kui inimene külastab parki, võib küsida, mis transpordivahendit ta kasutas, milline on külastuse põhjus või kuidas ta ennast seal tunneb (Linnap, Rice 2014). Nutitefonis olevatelt anduritelt info kogumiseks on arendatud hulk mobiiltelefoni rakendusi, näiteks MobilityLog (Linnap, Rice 2014) ja Future Mobility Sensing (Nahmias-Biran *et al.* 2018). Seni on nutitelefoni põhiseid rakendusi veel vähe kasutatud (Shoval, Ahas 2016).



Joonis 5.4.2. Erinevate mobiilpositsioneerimise meetoditega saadav andmete täpsus: A – passiivne mobiilpositsioneerimine (CDR), B – aktiivne mobiilpositsioneerimine, C – nutitelefoni põhine mobiilpositsioneerimine (GPS). Peatüki ühe autori mobiilpositsioneerimise andmed valitud päevald perioodil 2013–2015

Tabel 5.4.1. Passiivse, aktiivse ja nutitelefoni põhise mobiilpositsioneerimise ruumilise ja ajalise täpsuse, ulatuse ja valimi moodustamise isearvaste võrdlus

	Passiivne mobiilpositsioneerimine	Aktiivne mobiilpositsioneerimine	Nutitelefoni põhine mobiilpositsioneerimine
	<ul style="list-style-type: none"> • Asukoht on mobiilsidemasti leviala piirkond. • Sõltub mobiilsidevõrgu tihedusest. Täpsus on suurem tiheasustusaladel ja maanteedel. • Suuremates linnades (Tallinn, Tartu, Pärnu) 100–1000 m, linnade tagamaal 450–2000 m, hõreasustusega maapiirkondades 2–20 km. • Muutub ajas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Asukoht saadakse mobiilsideaantenni ja telefoni vahelise võrgusignaali mõõtmise alusel. • Sõltub mobiilsidevõrgu tihedusest. Täpsus on suurem tiheasustusaladel ja maanteedel. • Tallinnas 50–200 m, Tallinna tagamaal 100–400 m, maa- piirkondades 300–2500 m. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kasutatakse erinevaid asukohta määramise sensoreid (eelkõige GPS-i). • Sensorite kombineeritud kasutamine vastavalt vajadusele. • Täpsus mõni meeter.
Ruumiline täpsus			
Ruumiline ulatus	<ul style="list-style-type: none"> • Piirdub mobiilsideoperaatori sidevõrgu levialaga. 	<ul style="list-style-type: none"> • Piirdub mobiilsideoperaatori sidevõrgu levialaga. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kogu maailm, positsioneerimine ei sõltu mobiilsideoperaatorist.
Ajaline täpsus (intervall)	<ul style="list-style-type: none"> • Asukohad on teada sekundi täpsusega, aga andmete sagedus päevas väike. • Agregeeritakse suurematesse ajahühkutesse (tund, päev, kuu). 	<ul style="list-style-type: none"> • Sõltub uuringu eesmärgist, valimi suuruselt ja rahalistest vahenditest • 1 minut kuni mitu tundi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tihe, aga kasulik on leida optimaalne intervall, et säästa mobiiltelefoni akut.
Ajaline ulatus	<ul style="list-style-type: none"> • Andmete ajaperiood sõltub mobiilsideoperaatorist. 	<ul style="list-style-type: none"> • Uurimisperiood sõltub uuringu eesmärgist, valimi suuruselt ja rahalistest vahenditest. 	<ul style="list-style-type: none"> • Võib ulatuda mitme aastani, enamasti piirab telefoni eluiga (sh aku).
Valim	<ul style="list-style-type: none"> • Kõik mobiiltelefoni kasutavad inimesed. • Seada kriteeriumid inimeste kaasamisel uuringusse (nt kõnetoimingute hulki). • Täiendavate tunnuste olemasolu võimaldab moodustada spetsiifilisi valimeid (nt vanus, teatud piirkonnas elavad inimesed). 	<ul style="list-style-type: none"> • Koostatakse sobiv valim ja kutsutakse inimesed uuringus osalema. • Eelduseks mobiiltelefoni omanamine. • Uuringusse võivad sobida vaid teatud mobiilsideoperaatori kliendid; inimesed peavad olema nõus oma asukohta jagama. 	<ul style="list-style-type: none"> • Koostatakse sobiv valim ja kutsutakse inimesed uuringus osalema. • Eelduseks nutitelefoni omanamine. • Uuringu osalemist võib piirata telefoni operatsioonisüsteem, kui kasutatav rakendus on loodud vaid teatud operatsioonisüsteemidele.

5.4.2.4. RUUMILINE JA AJALINE TÄPSUS NING ULATUS JA VALIM

Eri tüüpi mobiilpositsioneerimisega saadavate andmete ruumiline ja ajaline täpsus, ulatus ja valimi moodustamise eripärad on esitatud tabelis 5.4.1 ja joonisel 5.4.2.

5.4.3. Eetika ja andmehaldus

5.4.3.1. EETIKA

Mobiiltelefonide positsioneerimise andmestike kasutamine, mis annab ülevaate telefonikasutaja asukohtadest ja aegruumilisest käitumisest, on privaatsuse ja turvalisuse vaatenurgast väga tundlik teema. Need on olulised aspektid nii telefonikasutajatele, mobiilsideoperaatoritele kui ka kogu ühiskonnale.

Privaatsuse lävi on inimestel erinev ja põhineb kogemusel, vanusel, kultuuritaustal ja ühiskonna hoiakutel – kardetakse privaatsuse kadumist, nn Suure Venna jälgimist. Uuringud on näidanud, et noorema põlvkonna suhtumine ning avatus uutele tehnoloogiatele ja personaalse info jagamisele erineb vanemate omast (Männiste, Masso 2018). Võib eeldada, et digiajastule omaselt ja põlvkondade vahetudes muutub inimeste privaatsuslävi praegusega võrreldes. Teisalt näitavad uuringud (*ibid.*) ja hiljutised sündmused (Cambridge Analytica), et kollektiivsesse teadvusse on individuaalse privaatsuse võimaliku ohustatuse kõrval ilmunud ka institutsionaalse privaatsuse teema – mitte ainult teised inividid, aga ka institutsioonid kasutavad üha enam üksikindiviidide kohta käivaid andmeid. Oluline on nende hirmudega arvestada. Ühiskonnale on oluline, et inimesed ei tunneks ennast justkui Suure Venna jälgimise all, vaid nende privaatsus oleks tagatud.

Eetiliste aspektide arvestamine on võtmetähtsusega ka teadlastele: mobiilpositsioneerimise andmete kogumise, töötlemise ja säilitamise puhul on eeltingimuseks seadusandluse ja (teadus)eeetika järgimine ning ühiskonna poolehoidu võitmine. Ühiskonna jälgimishirmu vähendab läbipaistev teadustöö ning avalik selgitustöö olulistele huvigruppidele (ametnikud, poliitikud, spetsialistid) ja avalikkusele, st antakse teada, kuidas andmeid kogutakse, töödeldakse ja säilitatakse ning mis kasu sellest ühiskond saab; uuritavatele tagatakse privaatsus. Euroopas peab

mobiilpositsioneerimise meetodil saadud andmete kogumine, hoidmine ja töötlemine olema kooskõlas Euroopa Liidu ja riiklike seaduste ja regulatsioonidega. Need on

- isikuandmete kaitse üldmäärus (GDPR, Regulation (EU) 2016/679),
- eraelu puutumatust ja elektroonilist sidet käsitlev direktiiv (Directive 2002/58/EC),
- isikuandmete kaitse seadus (IKS),
- elektroonilise side seadus (ESS),
- riikliku statistika seadus (RStS),
- teadus- ja arendustegevuse korralduse seadus (TAKS),
- autoriõiguse seadus (AutÕS).

Passiivse mobiilpositsioneerimise andmed edastab mobiilsideoperaator teadlastele agregeeritult või algandmed anonümiseeritud (pseudonümiseeritud) kujul, st isik tähistatakse anonümiseeritud tunnusega, nii et andmeid kasutavad teadlased ei saa neid seostada konkreetse isikuga. Mobiilpositsioneerimise andmete isikuandmetega sidumise võimalus on ainult mobiilsideoperaatori käes oleva täiendava teabe abil, aga seda teavet hoitakse eraldi ega edastata kolmandatele osapooltele ilma telefonikasutaja nõusolekuta. Kuna passiivse mobiilpositsioneerimise andmed on anonümiseeritud, puudub teadlastel vajadus telefonikasutaja nõusoleku küsimiseks. Aktiivset ja nutitelefonipõhist positsioneerimist tohib uuringute eesmärgil teha vaid telefonikasutaja ehk uuringus osaleja nõusolekul. Kuna aktiivne positsioneerimine ja nutitelefonipõhine positsioneerimine hõlmavad isikuandmete kogumist, säilitamist ja töötlemist, peab teadusuuring vastama isikuandmete kaitse põhimõtetele ja regulatsioonile ning olema eelnevalt kooskõlastatud uuringut teostava institutsiooni eetikakomiteega (nt Tartu Ülikooli inimuuringute eetika komitee).

5.4.3.2. PRIVAATSUSE TAGAMINE

Mobiilpositsioneerimise andmete kasutamisel teadusuuringus tuleb uuritavate privaatsus tagada kolmes etapis, st andmete kogumisel ja hoidmisel, andmete töötlemisel ning tulemuste esitamisel.

1. Teadusuuringuteks vajalikke mobiilpositsioneerimise andmeid hoitakse kas mobiilsideoperaatori andmesüsteemis või impor-

ditakse turvalist ühendust kasutades uurimisasutuse andmesüsteemi. Seadustest ja regulatsioonidest lähtuvalt on parim lahendus andmete turvaliseks hoidmiseks eraldiseisv server, mis pole välisvõrguga ühendatud. Nutitelefonipõhised positsioneerimisandmed imporditakse üldjuhul otse uuringu teostaja andmesüsteemi. Isikustatud aktiivse ja nutitelefonipõhise positsioneerimise korral tuleb kogutavad asukohaandmed ja isikuandmed hoida eraldi turvalistes andmesüsteemides.

2. Andmeid tuleb töödelda anonümiseeritud kujul. Passiivse mobiilpositsioneerimise korral saadakse mobiilsideoperaatorilt juba anonümiseeritud andmed ja lisaprotseduure andmete anonümiseerimiseks pole vaja teha. Aktiivse ja nutitelefonipõhise positsioneerimise korral tuleb töödeldavad andmed enne töötlemist anonümiseerida (pseudonümiseerida) ehk anda uuritavatele unikaalsed identifitseerimiskoodid ning hoida isikuandmed eraldi; ligipääs neile on vaid vähestel konfidentsiaalsuslepinguga seotud inimestel.
3. Tulemused tuleb esitada ruumiliselt ja ajaliselt piisavalt üldistatud kujul ning indiviidide kaupa agregeerida, et uuritavate privaatsus oleks tagatud. Tuleb veenduda, et tulemuste põhjal ei saa uuritud isikut tuvastada. Ühiskonnagruppide agregeerimisel tuleb leida piisav üldistustase, näiteks alla viie inimese puhul mingis ruumiüksuses tuleb esitada tulemus „<5“. Välisturistide analüüsimisel agregeeritakse riigid, kust on üksikud külastajad, kategooria alla „muu“.

5.4.4. Andmete töötlus

5.4.4.1. ANDMETE EELTÖÖTLUS

Mobiilpositsioneerimise abil saadud andmete hulk on väga suur, seetõttu on oluline leida nende haldamiseks ehk algandmete hoidmiseks serverites (sh varukoopiad) ja ka andmetöötluseks optimaalne süsteem. Pärast algandmete importimist andmesüsteemi tuleb teha andmete kvaliteedi kontroll ning parandada või eemaldada vigased andmed. Andmete kontroll peaks olema võimalikult automatiseeritud, sest andmete suure hulga tõttu on käsitsi vigade otsimine mõeldamatu. Tavalised vead

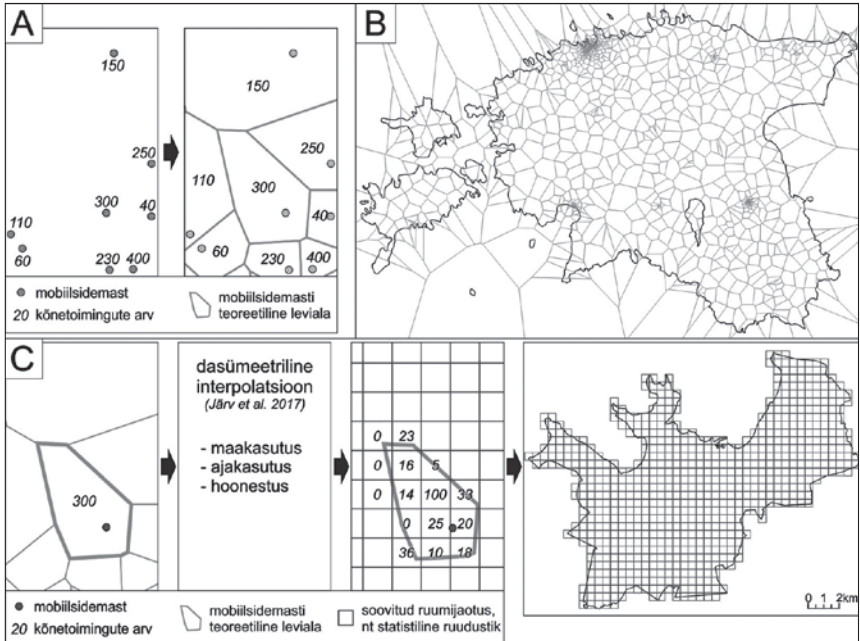
passiivse mobiilpositsioneerimise andmete puhul on puuduvad või eba-korrektset mobiilsideantennide koordinaadid, kõnetoimingute, antennide ja mastide vahelise seose puudumine ning ebastandardsetes formaadis või dubleerivad andmed (Tiru *et al.* 2010b). Ebakorreksete andmete puhul ebaõiged andmed korrigeeritakse või saadetakse operaatorile tagasi selgituse saamiseks ja korrigeerimiseks. Nutitelefonipõhisel positsioneerimisel esinevad vead GPS-punktide asukohtades (ebareaalselt kauged punktid) ja ajatunnustes (nt aeg kaugel minevikus või tulevikus). Lisaks tuleb nutitelefonipõhise positsioneerimise andmete puhul tegeleda andmeaukudega (telefon välja lülitatud või lennurežiimil, rakendus välja lülitatud või pausile pandud).

Ruumiline andmetöötlus

Ruumilisest vaatenurgast on mobiilpositsioneerimise andmete töötlemisel kaks raskust: 1) mobiilsideantennide (levialade) ühildamine teiste ruumiüksustega (nt omavalitsused, transporditsoonid, ruudustik) ja 2) mobiilpositsioneerimise täpsuse parandamine. Mobiilpositsioneerimisega saadakse telefonikasutaja asukoha geograafilised koordinaadid, mis on passiivsel positsioneerimisel mobiilsideantenni asukoha koordinaadid ja aktiivsel positsioneerimisel selle mobiilsideantenni sektori keskpunkti koordinaadid, kuhu telefon positsioneeriti.

Kõige lihtsam viis andmete sidumiseks ruumiüksustega on käsitleda neid koordinaate kui punktobjekti ja määrata selle punkti asukoht ruumiüksuses ruumilise kattuvuse alusel. Näiteks loetakse telefoni kasutaja asukoht paiknevaks selles omavalitsuses, kus paikneb mobiilsideantenni levialas, aga teises ruumiüksuses kui mobiilsideantenni asukoht. Samuti tekib viga ruumiüksuses, kus ei paikne ühtegi mobiilsideantenni, kuigi mobiilsideantenni on olemas.

Teine viis on omistada mobiilsideantenni andmed antenni levialale ehk ruumilisele piirkonnale (joonis 5.4.3A). Tegelikud levialad on ajas muutuvad ning mobiilsideantennide ärisaladus, mistõttu kasutatakse teoreetilisi levialasid, mis leitakse näiteks Voronoi tessellatsiooni meetodil (Okabe *et al.* 2000), st kogu mobiilsideantennide ulatus jagatakse ruumilisteks polügoonideks mobiilsideantennide omavahelise eukleidilise kauguse arvutamise abil (joonis 5.4.3B). Kuna mobiilsideantennide struktuur



Joonis 5.4.3. Passiivse mobiilpositsioneerimise andmete ruumiline mõõde.

A – mobiilsidemastide põhjal leitakse mastide teoreetilised levialad,
B – mastide levialade ulatus Eesti näitel ehk positsioneerimise täpsus erineb ruumis,
C – keerukama dasümeetrilise interpoleerimisega saab positsioneerimise andmed täpsemalt ruumis paigutada vastavalt soovitud ruumijaotusele

ajas muutub (sh rajatakse uusi maste), tuleb teoreetilisi levialasid pidevalt ümber arvutada (Tiru et al. 2010b).

Voronoi polügoonidepõhise meetodi suurim probleem on selle ühildamatus teiste ruumiüksustega. Levialade polügoonid ei kattu näiteks omavalitsuste piiridega. Lahenduseks on Voronoi polügoonide andmete ruumiline teisendamine teisteks soovitud ruumiüksusteks, näiteks omavalitsusteks. Ruumiliseks teisendamiseks on eri meetodeid (vt Järv et al. 2017), kuid kõige täpsema tulemuse mobiilsideantennide levialade andmete teisendamiseks soovitud ruumiüksusteks annab täiendavate andmete kasutamine ehk dasümeetriline teisendamine (Mennis 2016). Telefonikasutajate tõenäolist paiknemist Voronoi polügoonides saab oluliselt parandada, arvestades maakasutust, hoonestust ja inimeste üldist ajakasutuse rütmi (Järv et al. 2017). Sellega saab parandada nii

mobiilpositsioneerimise ruumilist täpsust kui ka muuta mobiilpositsioneerimise andmed teisteks ruumiüksusteks teisendamise kaudu võrreldavaks muude andmetega (joonis 5.4.3C).

Ajaline andmetöötlus

Ajaline täpsus ja ulatus sõltub uuringu eesmärgist ning alati ei ole väga väikeste ajaühikute (nt sekundi ja minuti täpsusega) mõistlik andmeid analüüsida. Kõnetoiminguid on igas sekundis väga vähe ning need on ajas ebaühtlaselt jaotunud – rohkem kõnesid tehakse päeval ja vähem öisel ajal (Ahas *et al.* 2015). Seetõttu tuleb andmeid ajaliselt eelnevalt agregeerida, arvestades samas ka ruumilist täpsust. Näiteks sobib riigi tasandil 10-minutiline ajaline intervall (*ibid.*), kuid linnaosa täpsusega uuringutes (nt Tallinnas) on usaldusväärne kasutada kolmetunniseid ajaühikuid (Silm, Ahas 2014b). Üksikisiku tasandil kasutatakse ankurpunktide (sh elu- ja töökoht) arvutamiseks ühe kalendrikuu pikkust ajavahemikku (Ahas *et al.* 2010b). Nutitelefonipõhise positsioneerimise ajaline sagedus on oluliselt täpsem ja seetõttu agregeeritakse ajalise andmetöötluse puhul sekundi täpsusega andmed minutilisteks intervallideks, et optimeerida analüüsitavaid andmestikku, aga säilitada uuritava täpsed liikumistrajektoolid.

5.4.4.2. TÄIENDAVATE TUNNUSTE LEIDMINE

Inimesepõhised tunnused

Mobiilpositsioneerimise andmed võimaldavad telefonikasutajale omistada täiendavaid tunnuseid aegruumilise käitumise põhjal. Näiteks saab leida regulaarselt külastatavad kohad ehk personaalsed ankurpunktid (Golledge, Stimon 1997). Tartu Ülikooli mobiilsuuringute labori ja osaühingu Positium koostöös välja töötatud ankurpunktide mudeliga saab passiivse mobiilpositsioneerimise andmete abil leida telefonikasutaja kõnetoimingute asukohta, ajastuse ja sageduse põhjal elu- ja töökohta (õppekohta) piirkonna ning muud regulaarselt külastatavad tegevuskohad (Ahas *et al.* 2010b). Elu- ja töökohta asukoht võimaldavad hinnata näiteks igapäevase tööle liikumise kaugust ning eristada kodu-töö pendelrändajad teistest liiklejatest. Pikema ajaperioodi jooksul on võimalik eristada nädalavahetustel ja

sesoonselt külastatavaid tegevuskohti, näiteks maa- või suvekodu (Silm, Ahas 2010).

Samuti saab mõõta inimeste üldist liikuvust, ruumikasutuse ulatust ja mitmekesisust. Liikuvust saab hinnata läbitud kilomeetrites teatud aja jooksul positsioneeritud asukohtade vahelise kauguse põhjal (Ahas *et al.* 2010a). Ruumikasutuse ulatust näitab tegevuskohtade standardhälbe ellipsi või väikseima ümbritseva hulknurga (*minimum convex polygon*) pindala ja tegevuskohtadevaheliste liikumiste raadius. Hinnata saab nii igapäevast, ühe kuu kui ka kogu aasta tegevusruumi (Järv *et al.* 2014). Ruumikasutuse mitmekesisust ehk eri tegevuskohtade külastatavust saab hinnata entroopia ja sagedusindeksite alusel, mille kaudu eristuvad erineva elustiiliga inimesed, näiteks aktiivne vs. passiivne, kindla rutii-niga vs. „seikleja“ inimene.

Rändlusteenuse andmetest saab leida tunnused inimeste välisriikide külastuste kohta, näiteks külastuse alguse- ja lõpuaja, kestuse ning külastatud kohad (riigid). Unikaalse kasutajatunnuse korral saab tuvastada lisaks üksikutele külastustele ka korduvkülastused (sama inimese tehtud erinevad külastused) ning reise ja külastatud kohti eri reiside jooksul võrrelda (Tiru *et al.* 2010a). Lisaks saab eristada külastajate gruppe näiteks lähtuvalt reiside kestusest ja sagedusest: turistid, hargmaised, pendelrändajad ja välismaal töötajad (Ahas *et al.* 2017b).

Lisaks eelnevalt nimetatud tunnustele võimaldavad aktiivse positsioneerimise ja nutitelefoni põhised andmed eristada veel palju täpsemalt peatusi (nt 5-minutiline paigalseis) ja tegevuskohti, liikumistrajektoore ning liikumise põhjusi ja liikumisvahendeid vastavalt liikumise algusele, lõpule ja liikumiskiirusele (Ahas *et al.* 2017a). Lisades küsitlusega saadud andmed, saab peatused siduda inimeste öelduga, saades neile nii täpsemad tähendused.

Ruumipõhised tunnused

Üksikindiviidist telefonikasutajate mobiilpositsioneerimise andmete agregeerimine vastavalt ruumilisele paiknemisele ja nende sidumine ruumiüksustega võimaldab ruumiüksusi iseloomustada. Ruumiüksuseks võib olla näiteks haldusüksus (nt omavalitsus) või statistiline ruudustik – Eestis kasutatakse 1×1 km, 500×500 m (tiheasustusalad) ja 100×100 m (Tallinn, Tartu, Pärnu, Narva ja Kohtla-Järve) ruute.

Ruumiüksustele saab omistada tunnuseid vastavalt mobiilpositsioneerimise andmetega leitud tunnustele, näiteks agregeerides elukoha ankur-punktid omavalitsustesse, saab hinnata inimeste elukohtade paiknemist (Ahas *et al.* 2010b) ja rahvastiku hulga sesoonseid erinevusi (Silm, Ahas 2010). Teades inimeste elu- ja töökoha paiknemist ruumiüksuses, on võimalik neile ruumiüksustele omistada pendelrände ja asustushierarhia tunnuseid (Novak *et al.* 2013). Väliskülastajate paiknemise põhjal saab ruumiüksustele määrata turismivaldkonna tunnuseid (nt väliskülastajate elukohariikide jagunemise alusel; Raun *et al.* 2016).

Nii telefonikasutajate kui ka agregeeritud võrgupõhise mobiilpositsioneerimise andmete põhjal saab iseloomustada rahvastiku paiknemise ja liikuvuse dünaamilisust (ööpäevas, nädalas, sesoonselt) ruumiüksustes. Selle alusel saab hinnata näiteks maakasutust, ilmastiku või suurriistuste mõju küllastajate hulgale või ruumilise segregatsiooni muutust ajas.

5.4.4.3. ANALÜÜSIMEETODID

Mobiilpositsioneerimise andmeid analüüsitakse peamiselt geograafias ja geoinformaatikas kasutatavate ruumianalüüsi ja statistiliste meetoditega, mis tihtipeale eeldab andmebaasidega töötamist (tekstikast 5.4.3). Sageli tehakse esmalt ruumiline analüüs ja leitakse vajalikud tunnused ning seejärel kasutatakse statistilisi meetodeid. Ruumianalüüsiks kasutatakse geinfosüsteemi ehk kohateabesüsteemi (GIS) tarkvara ArcGIS, QGIS, MapInfo või GRASS GIS. Statistilist analüüsi saab teha tavapärase statistikaprogrammidega või programmeerimiskeeltega (nt R ja Python; vt tekstikast 5.4.3).

Mobiilpositsioneerimise andmeid saab ruumipõhiselt analüüsida nii üksikindiiditi kui ka agregeeritult ja seda kõigi ruumiliste objektide (punkt, pind, joon) puhul. Iga üksikisiku kohta arvutatakse tema ruumikasutust iseloomustavad tunnused (nt tegevuskohtade arv, tegevusruumi ulatus, liikumiste kogupikkus) ning seejärel tehakse statistiline analüüs (nt regressioon), selgitamaks taustatunnuste (nt sugu, vanus, rahvus) mõju inimese ruumikasutusele (Järv *et al.* 2015). Ruumiüksustesse agregeeritud andmeid analüüsitakse kas tervikuna või mõne grupitunnuse järgi. Analüüsitavad üksused võivad olla punktobjektid (nt mobiilsidekastid) või pindobjektid (nt omavalitsus), mille sisse

TEKSTIKAST 5.4.3. MOBIILPOSITSIONEERIMISANDMETE HALDUS JA TÖÖTLUS

Mobiilpositsioneerimise andmete haldus ja töötlus toimub enamasti andmebaasihaldurite ja programmeerimiskeelte abil, sest andmemahud on väga suured, ulatudes kuni sadade miljonite asukohapunktideni, ning tavaliste GIS-tarkvarade jõudlus on sageli ebapiisav. Andmebaasihaldurile PostgreSQL on eraldi välja arendatud ruumiliste andmete tarvis vabavaraline tarkvara PostGIS, millega geoinfosüsteeme saab hallata ja analüüsida. Täiendavaks ruumiandmete töötlemiseks ning keerukateks ruumianalüüsideks ja tulemuste esitamiseks kasutatakse järjest enam programmeerimiskeeli (R ja Python), millele on arendatud mitmeid ruumianalüüsiks vajalikke teeke (*libraries*), näiteks rgeos, mapproj, ggmap, geopandas, gdal.

jäävad punktobjektid agregeeritakse (nt mobiilsidekastid omavalitsustes). Nii saab uurida inimeste arvu kas mobiilsidekastide või omavalitsuste kaupa. Punktobjektide ühendamisel saab analüüsida joonobjekte (nt elu- ja töökoha vaheline kaugus või kahe linna vahel liikuvate pendelrändajate hulk).

Ruumianalüüsiga saab agregeeritud andmete põhjal tuvastada ja modelleerida uuritavate asukohtade, ankurpunktide ja liikumistrajektooride tiheduse/sageduse jaotumist ruumis (*geographic distributions*, sh *density mapping*), eristada koondumiskohti (*hot spot analysis*), ruumiliste rühmade kogumeid ehk klastreid (*spatial clustering*) ja erindeid (*outliers*). Punkt- ja joonobjektide puhul saab võrgustiku analüüsiga (*network analysis*) tuvastada optimaalseid liikumisvooge ja teatud kohtade (sh teenuste) teoreetilist kättesaadavust inimestele. Ruumianalüüsi tulemusi saab statistiliselt analüüsida, kasutades näiteks ruumilist korrelatsiooni (*spatial correlation*) kas tavapärase seosekordajate või ruumiliste seoste leidmiseks. Nii saab rahvastiku ruumilise paiknemise kattuvust hinnata mõne muu nähtuse (nt bussipeatused) paiknemise suhtes või võrrelda inimgruppide (nt eestlased ja venelased Eestis) ruumilist paiknemist. Veel kasutatakse geostatistikat (*geostatistics*) ja ümbruskonna mõju hindamist (*neighbourhood effects*), et selgitada ruumisuhete mõju uuritavale nähtusele, näiteks selleks, kuidas omavalitsuste näitajad, kaugus linnadest ja maakasutus, selgitavad inimeste „teise kodu“ (maakodu, suvekodu) ruumilist paiknemist. Nii üksikindiviidi kui ka agregeeritud andmeid saab analüüsida ka aegruumiliselt (*space-time analysis*) ehk

arvestades samaaegselt nii ruumi kui ka aja mõõdet. Aegruumilist analüüsi saab kasutada, et leida inimeste ankurpunktid või hinnata sotsiaalsete gruppide ruumilise paiknemise muutusi ajas (Silm, Ahas 2014a).

Lisaks võimaldab mobiilpositsioneerimise pikk uurimisperiod analüüsida aegridu (*time series*) ning tuvastada nähtuste ja protsesside trende, tsüklilisust (sh sesoonsus), juhuslikke hälbeid ja ajalist auto-korrelatsiooni. Samuti saab teha kordusmõõtmiste analüüsi (*repeated measures*) ja hinnata näiteks inimeste igapäevase tegevusruumi muutumist kaheteist kuu lõikes (Järv *et al.* 2014). Mobiilpositsioneerimise longituudandmed, eriti passiivse positsioneerimise puhul, võimaldavad hinnata ühiskonnanähtuste ja -protsesside muutusi stsenaariumite modelleerimise ja simulatsioonide abil.

5.4.5. TUGEVUSED JA NÕRKUSED

Mobiilpositsioneerimise andmed on atraktiivne ja uudne allikas ühiskondlike nähtuste ja protsesside uurimisel. Mobiiltelefonid on hea andmete kogumise vahend, sest need on kogu maailmas laialt levinud ning inimesed kannavad mobiiltelefoni vabatahtlikult endaga igal pool kaasas. Muidugi tuleb arvestada andmete esinduslikkusega (tekstikast 5.4.4). Mobiilpositsioneerimise andmete eeliseks on ajaline ja ruumiline täpsus ning ruumiline ulatus (teoreetiliselt kogu maailm), andmed kogunevad regulaarselt ja pika ajaperioodi jooksul (longituudandmed). Seega võimaldab mobiilpositsioneerimine sarnaselt traditsiooniliste reispäevikute ja küsitlusuuringutega koguda individuaalandmeid, kuid samas salvestub aegruumilist teavet oluliselt rohkem ja täpsemalt. Asukohandmed on algusest peale digitaalsed, mis lubab andmeid analüüsida väga kiiresti (peaaegu reaalajas). Mobiilpositsioneerimise andmed on objektiivsed, sest ei sõltu uuringus osalejate mälust ega inimese tahtest oma ruumikasutust selektiivselt kirjeldada. Uuringus osalejate koormus on väiksem kui traditsiooniliste uuringute puhul, sest asukohti ja aegu ei pea ise käsitsi kirja panema, vaid andmed kogutakse automaatselt.

Mobiilpositsioneerimise suurim nõrkus on seotud privaatsuse kadumise kartuse ja Suure Venna jälgimise hirmuga (vt alaptk 5.4.3). See vähendab operaatorite valmisolekut andmeid teadusuuringuteks anda, raskendab inimeste värbamist uuringutesse ning mõjutab uuringu

TEKSTIKAST 5.4.4. MOBIILPOSITSIONEERIMISE ANDMETE ESINDUSLIKKUS

Mobiilpositsioneerimise andmete kasutamisel tuleb arvestada, et andmed kajastavad inimesi, kes omavad mobiiltelefoni ja seda kasutavad. Mobiiltelefonide kasutamisest sõltub nii andmete esinduslikkus ja analüüsi täpsus – telefoni sagedasem kasutus toodab rohkem andmekirjeid, tõstes tulemuste täpsust. Seetõttu peab mobiiltelefonide andmete kasutamisel arvestama inimeste mobiiltelefoni kasutamise aktiivsuse erisustega (vt Järv *et al.* 2015).

Inimeste mobiiltelefoni kasutamise aktiivsus sõltub mitmest tegurist:

- individuaalsed tegurid: vanus, inimgrupp (nt kohalikud vs. välituristid), isiksuse tüüp (introvertne vs. ekstravertne), elustiil;
- sotsiaalne keskkond (nt kultuurilised eripärad, ühiskonna seadusandlus ja normid);
- ajahetk: telefoni kasutatakse keskmisest rohkem lõunaajal ja pärast tööd ning argipäeviti;
- füüsiline keskkond: teatud kohtades ei ole telefonikasutus soositud (nt ühis-transportis), see on raskendatud (nt lennukis, teatris) või keelatud (nt sõidu- vahendit juhtides);
- mobiilsidevõrgu standardid (nt rändlusteenuse kasutamise tasu välismaal).

eesmärkide ja tulemuste aktsepteerimist avalikkuses. Eestis on mobiilpositsioneerimise uuringuid tehtud juba üle kümne aasta ning järkjärgult on hirm vähemaks jäänud. Jälgimishirmu vähenemisele aitab kaasa ka telefonide üha sagedasem kasutamine igapäevaelus (nt asuko- hapõhised teenused) ja isikuandmete parem reguleerimine seadusandluses (vt alaptk 5.4.3). Teiseks nõrkuseks on andmete kasutamise liiga pikk väärtusahel, st vajalik on oskusteave mitmes valdkonnas: a) juriidiline ja tehniline ligipääs mobiilsideoperaatori andmetele; b) andmebaaside haldamine ja andmete eeltöötlemine; c) andmete turvalisus; d) ruumiandmete analüüs ja statistika; e) andmete seostamine sotsiaalteaduse metodoloogia ja teooriaga; f) tulemuste lõpptarbija vajadustele (akadeemiline ja rakenduslik) suunatus ja teavitatus (Ahas *et al.* 2008). Kolmas nõrkus on mobiilpositsioneerimise andmetest saadud tulemuste ebapiisav ühilduvus ja võrreldavus traditsiooniliste andmetega ning saadud tulemuste valideerimine, kuna võrdluseks vajalikke „tõeseid“ andmeid ei pruugi olla.

Tabelis 5.4.2 on esitatud eri tüüpi mobiilpositsioneerimise andmete tugevused ja nõrkused.

Tabel 5.4.2. Passiivse, aktiivse ja nutitelefoni põhise mobiilpositsioneerimise tugevused ja nõrkused

	Passiivne mobiilpositsioneerimine	Aktiivne mobiilpositsioneerimine	Nutitelefoni põhine mobiilpositsioneerimine
TUGEVUSED	<ul style="list-style-type: none"> • Peaaegu reaajaajalised andmed. • Asukohaandmed on teoreetiliselt kõikide mobiiltelefoni kasutajate kohta. • Andmed ei ole mõjutatud uurijate või uuritavate eesmärkidest. • Terviklik ülevaade inimeste riigisestest liikumistest ja välisriikide külastamistest ning välisriikidest saabuvate inimeste külastustest. • Kaasatud rohkem sihtrühmi, näiteks sisaldab väliskülastajate statistika kodu- majutusteenuse kasutajaid ja ühepäevakülastajaid, kes majutusstatistikas ei kajastu. 	<ul style="list-style-type: none"> • Piisava sagedusega ja kindla intervalliga asukohaandmed. • Võimalik küsitlusega koguda täiendavat infot (nt sotsiaal-majanduslikud tunnused, transpordieelistused). 	<ul style="list-style-type: none"> • Väga hea ruumiline (GPS) ja ajaline täpsus, mis võimaldab tuvastada konkreetsed külastatud kohad (nt toidupood, kool) ja siduda tegevuskohad tegevustega (nt sisseostude tegemine, lapse kooliviimine). • Võimalik küsitlusega koguda täiendavat infot (nt sotsiaal-majanduslikud tunnused). • Võimalik koguda täiendavaid andmeid telefoniandurite abil. • Võimalik küsida osalejatelt täiendavaid küsimusi, sh asukohapõhiselt, kasutades tekstisõnumeid või spetsiaalset keskkonda.
NÕRKUSED	<ul style="list-style-type: none"> • Takistused andmete kättesaamisel (seadused ja regulatsioonid, mobiilsideoperaatorite valmisolek, finantsvõimekus). • Kõnetoimingu põhised andmed sõltuvad mobiiltelefoni kasutamise aktiivsusest. • Telefonikasutajate taustatunnuste vähesus või puudumine. • Ei saa hinnata tegevusi ja liikumiste põhjust. 	<ul style="list-style-type: none"> • Väike valimi maht, sest uuringus osalejad tuleb värvata individuaalselt (aeganõudev ja kulukas). • Väike valimi maht, sest uuringus osalejad tuleb värvata individuaalselt (aeganõudev ja kulukas). • Välim sõltub telefoni operatsioonisüsteemist, millele andmete kogumise rakendus on loodud. • GPS-positsioneerimine on raskesti tehtihoonestusaladel ja siseruumides. • Positsioneerimisrakendus koormab telefoni akut, mistõttu on inimesi uuringusse raskem leida ja tekiavad andmeaegud. • Asukohaandmed on liiga täpsed, mistõttu võivad riivata privaatsust. 	<ul style="list-style-type: none"> • Väike valimi maht, sest uuringus osalejad tuleb värvata individuaalselt (aeganõudev ja kulukas). • Välim sõltub telefoni operatsioonisüsteemist, millele andmete kogumise rakendus on loodud. • GPS-positsioneerimine on raskesti tehtihoonestusaladel ja siseruumides. • Positsioneerimisrakendus koormab telefoni akut, mistõttu on inimesi uuringusse raskem leida ja tekiavad andmeaegud. • Asukohaandmed on liiga täpsed, mistõttu võivad riivata privaatsust.

5.4.6. Tulevikuvõimalused

Alanud suurandmete ajastul alles hakatakse avastama uute isetekkeliste suurandmete – nagu mobiilpositsioneerimise andmed – rakendamise võimalusi ja kasu ühiskondlike nähtuste ja protsesside uurimisel ning ühiskonna haldamise efektiivsuse ja arengu kestlikumaks muutmisel (alaptk 5.4.1). Arvestades mobiilpositsioneerimise eri meetodite tugevustega ja eeldades, et lähitulevikus leiavad lahenduse nõrkused ja piirangud (vt alaptk 5.4.5), võib mobiiltelefonide positsioneerimine leida tulevikus veelgi enam rakendust.

Tulevikus on perspektiivne nii kogu ühiskonda hõlmav passiivne mobiilpositsioneerimine kui ka väga detailset teavet pakkuv nutitelefoni põhine positsioneerimine. Passiivse mobiilpositsioneerimise andmetega on võimalik reaalajas ühiskonda dünaamiliselt jälgida ning paindlikult ja targalt juhtida (nt liiklust, teenuseid, turvalisust). Mobiilsideoperaatoritel on teoreetiliselt juba praegu võimekus 1–3 sekundi täpsusega öelda, kus mobiilsidevõrku kasutavad mobiiltelefonid asuvad, kuid nende andmete salvestamise piiranguks on enneolematu andmemahu haldamine ja ligipääs, samuti maksumus. Mobiilsidestandardite arenedes (3G, 4G, 5G) muutub paremaks ka mobiiltelefonide positsioneerimise täpsus.

Mobiiltelefonipõhine positsioneerimine koos muude andmekogumismeetoditega (sh asukohapõhised küsitlused) on lisaks üksikisiku detailsele ruumikäitumise uurimisele ka üks praktilistest meetoditest osalusdemokraatia edendamisel (Al-Kodmany 2001): liikumiskäitumise ja asukohapõhise arvamuse avaldamisega saavad inimesed hinnata külastatud kohtadele omistatud sotsiaalset väärtust.

Mobiilpositsioneerimise teel kogutud andmete väärtust suurendaks nende kombineerimine teistel meetoditel kogutud andmetega (sh küsitlus, registrid). Seni on mobiilpositsioneerimise andmete põhiseid tulemusi traditsiooniliste andmetega vähe ühildatud (vt nt Järv *et al.* 2020), kuna esiteks pole suudetud andmeid usaldusväärselt teisendada olemasolevatesse ruumiüksustesse (alaptk 5.4.4.1). Teiseks ei pruugi olla inimeste liikuvust ja ühiskonna dünaamilisust kajastavate tulemuste võrdluseks vajalikke tõeseid andmeid, mistõttu on olnud vähe võimalusi mobiiltelefonide andmete valideerimiseks. Mobiilpositsioneerimise andmete kombineerimine registriandmetega (nt terviseandmed)

annab võimaluse analüüsida inimeste liikumiskäitumise ja ruumilise paiknemise seoseid (sh maakasutuse ja keskkonna mõju) ning seeläbi hinnata ja ennetada sotsiaalseid ja keskkondlikke riske. Lähitulevikus avanevad täiesti uued võimalused, kui siduda mobiilpositsioneerimise andmed teiste suurandmetega – sotsiaalmeedia, nutistu ehk asjade interneti, krediitkaardi ja teiste andmebaasidega. Kokkuvõttes ei ole küsimus selles, kas mobiilpositsioneerimise meetodid muutuvad põhilisteks sotsiaalteaduste meetoditeks, vaid millal see juhtub ja millised teadusvaldkonnad selle rakendamisel edukad on.

Mobiilpositsioneerimise meetodi edasisel rakendamisel on lähitulevikus suurimaks küsimuseks andmete kättesaadavus:

- kes omab andmeid,
- kas ja kuidas andmeid ühiskonna hüvanguks peaks jagama,
- kuidas ühendada eri mobiilsideoperaatorite andmed, et hõlmata kogu ühiskonda,
- kuidas tagada inimeste teavitamine andmete kasutamisest ja sotsiaalset ebavõrdsust ennetavad lahendused.

Kindlasti on üheks suurimaks väljakutseks eetilised ja privaatsuse tagamise küsimused.

2020. aastal puhkenud globaalne COVID-19 pandeemia on musternäide, kuidas need küsimused esile kerkivad, ja tekib avalik arutelu, kuidas leida mobiilpositsioneerimise meetodi kasutamisel tasakaal ühiskonna heaolu (st rahvatervise) ja telefonikasutajate privaatsuse tagamise vahel (Poom *et al.* 2020).

VIIDATUD KIRJANDUS

- Ahas, R.; Mark, Ü. 2005. Location based services – new challenges for planning and public administration? – *Futures* 37, 6, 547–561.
- Ahas, R.; Aasa, A.; Silm, S.; Aunap, R.; Kalle, H.; Mark, Ü. 2007. Mobile Positioning in Space–Time Behaviour Studies: Social Positioning Method Experiments in Estonia. – *Cartography and Geographic Information Science* 34, 4, 259–273.
- Ahas, R.; Aasa, A.; Roose, A.; Mark, Ü.; Silm, S. 2008. Evaluating passive mobile positioning data for tourism surveys: An Estonian case study. – *Tourism Management* 29, 469–486.
- Ahas, R.; Aasa, A.; Silm, S.; Tiru, M. 2010a. Daily rhythms of suburban commuters' movements in the Tallinn metropolitan area: Case study with mobile positioning data. – *Transportation Research Part C* 18, 1, 45–54.

- Ahas, R.; Silm, S.; Järv, O.; Saluveer, E.; Tiru, M. 2010b. Using Mobile Positioning Data to Model Locations Meaningful to Users of Mobile Phones. – *Journal of Urban Technology* 17, 1, 3–27.
- Ahas, R.; Aasa, A.; Yuan, Y.; Raubal, M.; Smoreda, Z.; Liu, Y.; Ziemlicki, C.; Tiru, M.; Zook, M. 2015. Everyday space–time geographies: Using mobile phone-based sensor data to monitor urban activity in Harbin, Paris, and Tallinn. – *International Journal of Geographical Information Science* 29, 11, 2017–2039.
- Ahas, R.; Poom, A.; Aasa, A.; Silm, S. 2017a. Experimental Study for Planning Tartu Campuses Based on Mobile Phone Tracking. – M. Schewenius, P. Keränen, R. al Rawaf (eds.), *Dreams and Seeds: The Role of Campuses in Sustainable Urban Development*. Stockholm: Stockholm Resilience Centre, Helsinki Metropolia University of Applied Sciences, 83–85.
- Ahas, R.; Silm, S.; Tiru, M. 2017b. Eestist lähtuv hargmaisus mobiilside rändlusandmete alusel. – T. Tammaru, R. Eamets, K. Kallas (toim.), *Eesti inimarengu aruanne 2016/2017*.
- Al-Kodmany, K. 2001. Online tools for public participation. – *Government Information Quarterly* 18, 4, 329–341.
- Asakura, Y.; Hato, E. 2004. Tracking survey for individual travel behaviour using mobile communication instruments. – *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 12, 3/4, 273–291.
- Batty, M.; Axhausen, K. W.; Giannotti, F.; Pozdnoukhov, A.; Bazzani, A.; Wachowicz, M.; Ouzounis, G.; Portugali, Y. 2012. Smart cities of the future. – *The European Physical Journal Special Topics* 214, 1, 481–518.
- Castells, M. 1996. *The Rise of the Network Society, The Information Age: Economy, Society and Culture*. Cambridge MA; Oxford UK: Blackwell.
- Cinnamon, J.; Jones, S. K.; Adger, W. Neil 2016. Evidence and future potential of mobile phone data for disease disaster management. – *Geoforum* 75, 253–264.
- Dewulf, B.; Neutens, T.; Lefebvre, W.; Seynaeve, G.; Vanpoucke, C.; Beckx, C.; Van de Weghe, N. 2016. Dynamic assessment of exposure to air pollution using mobile phone data. – *International Journal of Health Geographics* 15, 1, 14.
- Golledge, R. G.; Stimson, R. J. 1997. *Spatial Behavior: A Geographical Perspective*. New York: The Guilford Press.
- GSMA Intelligence 2020. <https://www.gsmainelligence.com/>.
- Järv, O.; Ahas, R.; Saluveer, E.; Derudder, B.; Witlox, F. 2012. Mobile Phones in a Traffic Flow: A Geographical Perspective to Evening Rush Hour Traffic Analysis Using Call Detail Records. – *Plos One* 7, 11, e49171.

- Järv, O.; Ahas, R.; Witlox, F. 2014. Understanding monthly variability in human activity spaces: A twelve-month study using mobile phone call detail records. – *Transportation Research Part C* 38, 122–135.
- Järv, O.; Müürisepp, K.; Ahas, R.; Derudder, B.; Witlox, F. 2015. Ethnic differences in activity spaces as a characteristic of segregation: A study based on mobile phone usage in Tallinn, Estonia. – *Urban Studies* 52, 14, 2680–2698.
- Järv, O.; Tenkanen, H.; Toivonen, T. 2017. Enhancing spatial accuracy of mobile phone data using multi-temporal dasymetric interpolation. – *International Journal of Geographical Information Science* 31, 8, 1630–1651.
- Järv, O.; Tenkanen, H.; Salonen, M.; Ahas, R.; Toivonen, T. 2018. Dynamic cities: Location-based accessibility modelling as a function of time. – *Applied Geography* 95, 101–110.
- Järv, O.; Masso, A.; Silm, S.; Ahas, R. 2020. The Link Between Ethnic Segregation and Socio-Economic Status: An Activity Space Approach. – *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 1–17. <https://doi.org/10.1111/tesg.12465>.
- Kamenjuk, P.; Aasa, A.; Sellin, J. 2017. Mapping changes of residence with passive mobile positioning data: the case of Estonia. – *International Journal of Geographical Information Science* 31, 7, 1425–1447.
- Kaufmann, V.; Bergman, M. M.; Joye, D. 2004. Motility: Mobility as Capital. – *International Journal of Urban and Regional Research* 28, 4, 745–756.
- Linnap, M.; Rice, A. 2014. Managed Participatory Sensing with YouSense. – *Journal of Urban Technology* 21, 2, 9–26.
- Louail, T.; Lenormand, M.; Cantu Ros, O. G.; Picornell, M.; Herranz, R.; Frias-Martinez, E.; Ramasco, J. J.; Barthelemy, M. 2015. From mobile phone data to the spatial structure of cities. – *Scientific Reports* 4, 1, 5276.
- Manfredini, F.; Pucci, P.; Secchi, P.; Tagliolato, P.; Vantini, S.; Vitelli, V. 2015. Treelet Decomposition of Mobile Phone Data for Deriving City Usage and Mobility Pattern in the Milan Urban Region. – *Advances in Complex Data Modeling and Computational Methods in Statistics*. Springer, 133–147.
- Masso, A.; Silm, Siiri; Ahas, R. 2019. Generational differences in spatial mobility: A study with mobile phone data. – *Population, Space and Place* 25, e2210.
- Mennis, J. 2016. Dasymetric Spatiotemporal Interpolation. – *The Professional Geographer* 68, 1, 92–102.
- Mooses, V.; Silm, S.; Ahas, R. 2016. Ethnic segregation during public and national holidays: A study using mobile phone data. – *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography* 98, 3, 205–219.

- Männiste, M.; Masso, A. 2018. The Role of Institutional Trust in Estonians' Privacy Concerns. – *Studies of Transition States and Societies* 10, 2, 22–39.
- Nahmias-Biran, B.; Han, Y.; Bekhor, S.; Zhao, F.; Zegras, C.; Ben-Akiva, M. 2018. Enriching Activity-Based Models using Smartphone-Based Travel Surveys. – *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2672, 42.
- Nilbe, K.; Ahas, R.; Silm, S. 2014. Evaluating the Travel Distances of Events Visitors and Regular Visitors Using Mobile Positioning Data: The Case of Estonia. – *Journal of Urban Technology* 21, 2, 91–107.
- Novak, J.; Ahas, R.; Aasa, A.; Silm, S. 2013. Application of mobile phone location data in mapping of commuting patterns and functional regionalization: A pilot study of Estonia. – *Journal of Maps*, 37–41.
- Okabe, A.; Boots, B.; Sugihara, K.; Chiu, S. N. 2000. *Spatial tessellations: Concepts and applications of Voronoi diagrams*. Wiley.
- Pei, T.; Sobolevsky, S.; Ratti, C.; Shaw, S.-L.; Li, T.; Zhou, C. 2014. A new insight into land use classification based on aggregated mobile phone data. – *International Journal of Geographical Information Science* 28, 9, 1988–2007.
- Poom, A.; Järv, O.; Zook, M.; Toivonen, T. 2020. COVID-19 is spatial: Ensuring that mobile Big Data is used for social good. – *Big Data and Society*. DOI: 10.1177/2053951720952088.
- Puura, A.; Silm, S.; Ahas, R. 2018. The Relationship between Social Networks and Spatial Mobility: A Mobile-Phone-Based Study in Estonia. – *Journal of Urban Technology* 25, 2, 7–25.
- Raun, J.; Ahas, R.; Tiru, M. 2016. Measuring tourism destinations using mobile tracking data. – *Tourism Management* 57, 202–212.
- Saluveer, E.; Raun, J.; Tiru, M.; Altin, L.; Kroon, J.; Snitsarenko, T.; Aasa, A.; Silm, S. 2020. Methodological framework for producing national tourism statistics from mobile positioning data. – *Annals of Tourism Research* 81, 102895.
- Sheller, M.; Urry, J. 2006. The new mobilities paradigm. – *Environment and Planning A* 38, 207–226.
- Shoval, N.; Ahas, R. 2016. The use of tracking technologies in tourism research: The first decade. – *Tourism Geographies* 18, 5, 587–606.
- Silm, S.; Ahas, R. 2010. The seasonal variability of population in Estonian municipalities. – *Environment and Planning A* 42, 2527–2546.
- Silm, S.; Ahas, R.; Nuga, M. 2013. Gender differences in space–time mobility patterns in a postcommunist city: A case study based on mobile positioning in the suburbs of Tallinn. – *Environment and Planning B: Planning and Design* 40, 814–828.

- Silm, S.; Ahas, R. 2014a. Ethnic Differences in Activity Spaces: A Study of Out-of-Home Nonemployment Activities with Mobile Phone Data. – *Annals of the Association of American Geographers* 104, 3, 542–559.
- Silm, S.; Ahas, R. 2014b. The temporal variation of ethnic segregation in a city: Evidence from a mobile phone use dataset. – *Social Science Research* 47, 30–43.
- Silm, S.; Jauhiainen, J. S.; Raun, J.; Tiru, M. 2020. Temporary population mobilities between Estonia and Finland based on mobile phone data and the emergence of a cross-border region. – *European Planning Studies*. DOI: 10.1080/09654313.2020.1774514.
- Tiru, M.; Kuusik, A.; Lamp, M.-L.; Ahas, R. 2010a. LBS in marketing and tourism management: Measuring destination loyalty with mobile positioning data. – *Journal of Location Based Services* 4, 2, 120–140.
- Tiru, M.; Saluveer, E.; Ahas, R.; Aasa, A. 2010b. The Positium Barometer: A Web-Based Tool for Monitoring the Mobility of Tourists. – *Journal of Urban Technology* 17, 1, 71–89.
- Wang, P.; Hunter, T.; Bayen, A. M.; Schechtner, K.; González, M. C. 2012. Understanding Road Usage Patterns in Urban Areas. – *Scientific Reports* 2, 1, 1001.
- Wang, Z.; He, S. Y.; Leung, Y. 2018. Applying Mobile Phone Data to Travel Behaviour Research: A Literature Review. – *Travel Behaviour and Society* 11, 141–155.
- Vanhoof, M.; Schoors, W.; Van Rompaey, A.; Ploetz, T.; Smoreda, Z. 2018. Comparing Regional Patterns of Individual Movement Using Corrected Mobility Entropy. – *Journal of Urban Technology* 25, 2, 27–61.
- Wesolowski, A.; O'Meara, W. P.; Tatem, A. J.; Ndege, S.; Eagle, N.; Buckee, C. O. 2015. Quantifying the Impact of Accessibility on Preventive Healthcare in Sub-Saharan Africa Using Mobile Phone Data. – *Epidemiology* 26, 2, 223–228.
- Xu, Y.; Belyi, A.; Bojic, I.; Ratti, C. 2018. Human mobility and socioeconomic status: Analysis of Singapore and Boston. – *Computers, Environment and Urban Systems* 72, 51–67.