

Tartu Ülikool

Loodus- ja täppisteaduste valdkond

Matemaatika ja statistika instituut

Siim Tarbe

Radioloogiliste uuringute kasutuse geograafiline variatsioon Eestis

Matemaatilise statistika eriala

Bakalaureusetöö (9 EAP)

Juhendaja Sven Laur, DSc. (Tech)

Tartu 2019

Radioloogiliste uuringute kasutuse geograafiline variatsioon Eestis

Bakalaureusetöö

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on kirjeldada ja põhjendada radioloogiliste uuringute kasutuse geograafilist variatsiooni Eestis, võttes sealjuures arvesse patsiendi eristuskategooriaid sugu, vanust ja diagnoosi. Variatsiooni kirjeldamisel lähtutakse varasemast Norras läbiviidud uuringust ning koostatakse variatsiooni kirjeldavad tabelid. Variatsiooni põhjendamiseks vaadeldakse rahvastiku jaotust lähtuvalt demograafilistest näitajatest. Samuti modelleeritakse variatsiooni kirjeldamiseks ja põhjendamiseks tõenäosust, et röntgenuuringu asemel tehakse täpsem kompuutertomograafia uuring.

CERCS teaduseriala: P160 - Statistika, operatsioonanalüüs, programmeerimine, finants- ja kindlustusmatemaatika.

Märksõnad: Logistiline regressioon, geograafiline variatsioon

Geographical variation in the use of radiological services in Estonia

Bachelor's thesis

The aim of this Bachelor's thesis is to describe and explain geographic variation in the use of radiological services in Estonia, taking into account the patient's gender, age, and main diagnosis. Variation is described based on methods used in an earlier study conducted in Norway and show in tables. Demographic characteristics of the population are considered as a possible explanation of variation. Also, the probability of getting a more accurate computer tomography examination instead of an X-ray examination is modeled to describe and explain variation.

CERCS research specialization: P160 - Statistics, operations research, programming, actuarial mathematics

Keywords: Logistic regression, geographical variation

Sisukord

Sissejuhatus	4
1 Radioloogiliste uuringute klassifikatsioon	5
2 Andmestiku ülevaade	7
3 Metoodika	9
3.1 Logistiline regressioon	9
3.1.1 Logistiline mudel	9
3.1.2 Regressioonanalüüs diskreetsete argumentidega	10
3.2 Olulisuse määramine: permutatsiooni test	13
4 Analüüs	14
4.1 Radioloogiliste uuringute kasutuse variatsioon Eestis	14
4.2 Variatsiooni võimalikud põhjused	19
4.3 Logistiline mudel variatsiooni kirjeldamiseks	23
Kokkuvõte	31
Kirjandus	32
Lisa	35
Lisa 1	35

Sissejuhatus

Eesti Haigekassa (edaspidi EHK) korraldab Eestis riiklikku ravikindlustust. EHK eesmärk on tagada ravikindlustatud inimesele vajalike tervishoiuteenuste (THT), ravimite, meditsiiniseadmete ja rahaliste hüvitiste kättesaadavus ning ravikindlustussüsteemi jätkusuutlikkus [1]. Selleks, et EHK saaks oma tööd efektiivselt teha, on raviasutustel kohustus esitada kõik arved EHK-le kindlas formaadis.

Kogutud raviarvete andmebaas võimaldab teha mitmesuguseid erinevaid populatsiooniüleseid uuringuid. Sealhulgas saab EHK andmete põhjal uurida THT kasutuse geograafilist variatsiooni Eestis. THT kasutuse põhjendamatu geograafiline variatsioon seaks ohtu tervishoiuressursside õiglase jaotamise aluspõhimõtted [2]. THT kasutuse geograafilise variatsiooni uurimiseks on mitmeid lähenemisviise. Varajasemalt on uuritud THT kasutuse erinevusi 2007 aastal Norras, kus uuriti radioloogiliste uuringute (RU) kasutust Norra maakondades [3]. Uurimismeetoditena on radioloogias kasutusel röntgen, ultraheli, kompuutertomograafia (KT), magnetresonantstomograafia (MRT) ja angiograafia [4].

Lõputöö eesmärk on kirjeldada ja põhjendada RU (röntgeni, ultraheli, KT ja MRT uuringute) kasutuse geograafilist variatsiooni Eestis, võttes sealjuures arvesse patsiendi eristuskategooriaid sugu, vanust ja diagnoosi. Variatsiooni kirjeldamisel lähtutakse Norra uuringus ning koostatakse variatsiooni kirjeldavad tabelid. Variatsiooni põhjendamiseks vaadeldakse rahvastiku jaotust lähtuvalt demograafilistest näitajates. Samuti modelleeritakse variatsiooni kirjeldamiseks ja põhjendamiseks tõenäosust, et röntgenuuringu asemel tehakse täpsem kompuutertomograafia uuring.

1. Radioloogiliste uuringute klassifikatsioon

EHK andmetes pole eraldi klassifikatsiooni RU raviarvete eristamiseks muudest raviarvetest, aga igal raviarvel on ülesmääratud osutatud teenuse kirjeldus. Antud töös liigitatakse RU raviarved vastavalt teenuse nimistule (lisa 2). Selleks, et pakkuda lugejale konteksti ja hinnata autori RU raviarvete klassifikatsiooni õigsust antakse ülevaade põhilistest radioloogiliste uuringute liikidest. Ülevaade on toetub regionaalhaigla poolt avaldatud materjalidel. Vastavad loigud on täistsitaadid, millest on eemaldatud antud töö kontekstis ebaolulised laused.

Röntgeniuuring on kõige sagedamini teostatav radioloogiline uuring. Röntgeniuuringu tulemuseks on röntgeniülesvõte, millelt radioloog ja (või) raviarst saab vajaliku info patsiendi edasiseks ravijuhisteks ja -otsusteks. Uuringu tegemisel veendutakse, et kiirgusest tulenev võimalik kahju on väiksem kui selle kasutamisest saadav kasu [5].

Ultrasonograafia ehk ultraheliuuring on uuring, millega vaadeldakse, mõõdetakse ja hinnatakse organite kuju, suurust ja struktuuri ultrahelilainete abil. Kudedest tagasipeegelduvaid võnkeid analüüsitakse ultraheliaparaadi arvutiga ja saadud kujutis kuvatakse monitori ekraanile. Ultraheliuuringuga ei saa uurida kopsu, magu, soolestikku ega luustikku [6].

Kompuutertomograafia uuring on ioniseeriva kiirgusega radioloogiline uurimismeetod inimkehast kihiliste ja ruumiliste kujutiste saamiseks. Uuring annab

üksikasjalikult ja täpselt teavet uuritava piirkonna anatoomiast ning võimalikest haiguslikest muutustest [7].

Magnetresonantstomograafia on uuring, mis võimaldab tugeva magnetvälja abil saada keha erinevatest piirkondadest ja elunditest nii kahe- kui kolmemõõtmelisi kujutisi[8]. MRT uuringuga on võimalik saada veel detailsemaid kujutusi inimkehast kui KT uuringuga. Samuti on MRT uuring kõige kallim radioloogiline uuring.

Angiograafia on veresoonte röntgenuuring, mille puhul saab kontrastaine manustamisel verre jäädvustada pilte veresoontest [9]. Angiograafia liigidakse töös röntgenuuringu alla. Juhul kui uurimismeetod on täpsustatud (nt "Magnetangiograafia ühest piirkonnast keskmise väljaga MRT-1") , siis liigitatakse vastavalt meetodi järgi.

2. Andmestiku ülevaade

Töös kasutatud andmed on pärit EHK andmebaasist ning käsitletud vastavalt Euroopa Liidu isikuandmete kaitse üldmääruse põhimõtetele [12]. Andmed on psedonümiseeritud ning töödeldud ainult turvalises keskkonnas. Samuti kasutatakse töös 2017 aasta rahvastiku andmeid, mis on saadud Statistikaameti andmebaasist [15], ja rahvusvahelist haiguste klassifikatsiooni (RHK) nimistut [13].

Uuritav andmestik koosneb 2016 aastal väljamakstud ja eelarves olnud raviarvetest. Enamik arveid on 2016 aastal teostatud teenuste arved, kuid on 602 arvet muudest aastatest, mille väljamaksmist on erinevatel põhjustel kinnipeetud. Kogu andmestiku kontekstis on neid arveid marginaalselt nii väge, et nende kaasamine ei muuda tulemusi. Täpsemalt keskendutakse raviarvetele, kus on osutatud radioloogilisi teenuseid haiguste diagnoosimiseks. Selleks koostati teenuste nimekiri (lisa 1), mille alusel eristati radioloogia arveid muudest raviarvetest. Tulemuseks saadi 1 160 838 arvega andmestik, kus kokku osutati 581 238 patsiendile 1 748 468 teenust. Seejärel eemaldati andmestikust 2569 raviarvet (1532 patsienti ja 4056 teenust), sest nendes arvetes puudus patsiendi elukoht ehk need andmed polnud informatiivsed RU kasutuse uurimisel. Eemaldatud andmete maht on piisavalt väike, et see ei mõjuta analüüsi tulemusi.

Tabelis 2.1 on esitatud üks rida andmestikust koos selgitustega. Kõik esitletud arve numbrid ja isikutunnused on pseudonümiseeritud ja võrreldamatud teiste andmekogudega. Samuti pole selle töö käigus avaldavate koondandmete põhjal võimalik isiku identifitseerimine.

Tabel 2.1: Näidisrida andmestikust koos selgitustega.

569519	Arve number
I63	Patsiendi põhidiagnoosi RHK-10 kood
I60-I69	Patsiendi põhidiagnoosi RHK-10 koodi grupp
N	Patsiendi sugu
Pärnu maakond	Patsiendi alaline elukoht
[75,85)	Patsiendi vanus vahemikuna
239267	Patsiendi isikutunnus
Kompuutertomograafia-angiograafia	THT kirjeldus
Pärnu Haigla SA	THT osutamise asukoht
kompuutertomograafia	THT tüüp
Peajuinfarkt	Põhidiagnoosi kirjeldus

3. Metoodika

Töös soovitakse kirjeldada radioloogiliste uuringute (RU) kasutuse geograafilist variatsiooni. Selleks kasutatakse logistilist regressiooni ja permutatsiooni testi. Selles peatükis kirjeldatakse täpsemalt kuidas mainitud meetodid soovitud tulemuste saamiseks kasutatakse.

3.1 Logistiline regressioon

Järgnev alapeatükk toetub Ene Kääriku loengukonspektile aines “Andmeanalüüs II”. [11]

Logistiline regressioon on üks regressioonianalüüsi meetoditest. Regressioonanalüüsi kasutatakse muutujate vaheliste suhete hindamiseks. Regressioonanalüüs abil saab hinnata, kuidas sõltuva muutuja väärtus muutub, kui üks sõltumatutest muutujatest on reguleeritud ja teised on fikseeritud. Logistilise regressiooni abil koostatakse logistiline mudel.

3.1.1 Logistiline mudel

Logistilise mudeliga ehk logit-mudeliga saab prognoosida binaarse tunnuse sündmuse toimumise tõenäosust ja selle muutumist sõltuvalt argumenttunnuste muutumisest. Olgu uuritav tunnus binoomjaotuset $Y \sim B(n, \pi)$, kus n tähistab tehtu sõltumatute katsete arvu ja π on sündmuse Y toimumise tõenäo-

sus. Tunnuse Y toimumise tõenäosuse prognoosimiseks kasutatakse *logit* seosefunktsiooni ja mudel saadakse kujul:

$$\eta = \text{logit}(\pi) = \ln \frac{\pi}{1 - \pi} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k, \quad (3.1)$$

kus $\frac{\pi}{1 - \pi}$ on sündmuse esinemise šanss, $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ on mudeli tundmatud parameetrid ja x_1, x_2, \dots, x_k on argumenttunnused. Ehk *logit* funktsioon on šansi logaritm, millest avaldub sündmuse esinemise tõenäosus $\pi = \frac{e^\eta}{1 + e^\eta}$.

Šanss $\frac{\pi}{1 - \pi}$ näitab, kui mitu korda on uuritava sündmuse Y esinemine tõenäolisem kui sündmuse mitteesinemine. Logit-mudeli parameetrite interpretatsioon on otseselt seotud sündmuse šansiga. Selle näitamiseks vaadatakse mudelit kujul

$$\text{logit}(\pi) = \ln \frac{\pi}{(1 - \pi)} = \beta_0 + \beta_1 x_1. \quad (3.2)$$

Ühe ühikulise argumendi muutusega $x_1 + 1$ kaasneb šansi $\frac{\pi}{1 - \pi}$ parameetri β_1 eksponendi e^{β_1} kordne muutus. See tuleneb otseselt logit-mudelitest

$$\frac{\pi}{(1 - \pi)} = e^{\beta_0 + \beta_1 x_1} \Rightarrow e^{\beta_0 + \beta_1 (x_1 + 1)} = e^{\beta_0 + \beta_1 x_1} e^{\beta_1} = e^{\beta_1} \frac{\pi}{1 - \pi}. \quad (3.3)$$

Parameetri β_1 ees olev märk määrab ära seose suuna argumendi x_1 ja uuritava sündmuse Y tõenäosuse π vahel. Positiivse märgi korral sündmuse esinemise šanss suureneb ning negatiivse märgi korral uuritava sündmuse esinemise tõenäosus väheneb.

3.1.2 Regressioonanalüüs diskreetsete argumentidega

Töös käsitletud EHK andmed on diskreetsed, seega keskendutakse diskreetsete argumentidega regressiooni mudelile. Diskreetsete argumentide kaasamiseks

mudelisse kasutatakse indikaatortunnused. Olgu diskreetne argumenttunnus (faktor) x tasemete arvuga k . Indikaatortunnus u_i , kus $i = 1, \dots, k$, määrab ära faktori taseme.

$$u_i = \begin{cases} 1, & \text{faktori } x \text{ tasemel } i \\ 0, & \text{muidu} \end{cases} \quad (3.4)$$

Näiteks, olgu faktoril x on kolm taset. Lihtsuse mõttes vaadatakse ühe argumentiga lineaarset regressioonimudelit. Mudel saadakse kujul

$$y = \beta_0 + \beta_1 u_1 + \beta_2 u_2 + \beta_3 u_3 + \varepsilon, \quad (3.5)$$

kus $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ ja β_3 on mudeli parameetrid, u_1, u_2 ja u_3 on argumenti x indikaatortunnused ja ε on mudeli juhuslik viga. Kuna indikaatortunnused on oma vahel lineaarselt sõltuvad $u_1 + u_2 + u_3 = 1$, saab mudeli esitada kujul

$$y = \tau + \gamma_1 u_1 + \gamma_2 u_2 + \varepsilon, \quad (3.6)$$

kus $\tau = \beta_0 + \beta_3$, $\gamma_1 = \beta_1 - \beta_3$ ja $\gamma_2 = \beta_2 - \beta_3$ ehk faktori tasemete mõju on arvestatud viimase taseme suhtes. Samuti saab sama indikaatortunnuse loogika põhjal kirjeldada kahe diskreetse argumenti koosmõju lineaarses regressiooni mudelis. Olgu argumenttunnused x_1 ja x_2 tasemete arvuga k . Koosmõju indikaatortunnus u_{ij} avaldub kujul

$$u_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{kui faktori } x_1 \text{ tase on } i \text{ ja faktori } x_2 \text{ tase on } j \\ 0, & \text{muidu} \end{cases} \quad (3.7)$$

Analoogselt saab defineerida indikaatortunnused kolme või rohkema diskreetse argumenti koosmõju jaoks.

Samuti saab indikaatortunnuste alusel andmeid kompresseerida. Andmed kompressseeritakse kõigi faktorite koosmõju näitavate indikaatortunnuste järgi - ühe kompressseeritud grupi moodustab faktori tasemete kombinatsioon. See on oluline, sest kompressseeritud andmed võimaldavad optimeerida logit-mudeli koostamist. Nimelt kasutab logistiline regressioon mudeli parameetrite hindamiseks vähimruutude meetodit, mis on väga mälu- ja töömahukaks kui diskreetseid argumenttunnuseid või nende tasemeid on palju.

kompressseeritud andmete puhul saab parameetreid hinnata lähtudes ainult uuritava tunnuse keskmisest vastavas grupis ning gruppi kuuluvate objektide kogu arvust ehk kaalust. Selle näitamiseks, vaadatakse kuidas rakendatakse logistilises regressioonis vähimruutude meetodit ühe grupi väärtuste ennustamiseks.

Olgu I_j indeksite hulk, kus sisendargumentid on konstantsed ja kuuluvad j -ndasse gruppi ja tähistagu x_j gruppi defineerivate tunnuste väärtusi. Olgu grupe kokku k tükki, gruppi kuuluvate objektide arv w_j ja \hat{y} mudeli ennustatud väärtuste vektor.

$$MSE(\hat{y}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^k \sum_{i \in I_j} (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (3.8)$$

$$= \frac{1}{n} \sum_{j=1}^k \sum_{i \in I_j} (y_i - \bar{y}_j)^2 + \frac{1}{n} \sum_{j=1}^k w_j (\bar{y}_j - \hat{y}_j)^2 \quad (3.9)$$

kus viimane rida tuleb keskmiste omadustest, vaata täpsemalt näiteks bakalaureusetööst [14]. Kuna esimene summa ei sõltu sobitatavast mudelist, siis võib mudeli sobitamiseks optimeerida

$$MSE^*(\hat{y}) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^k w_j (\bar{y}_j - \hat{y}_j)^2 \quad (3.10)$$

ning selleks piisab kui me moodustame kompresseeritud andmestikus, kus iga grupi kohta on täpselt üks rida, milles on argumentväärtused x_j , grupi suurus w_j ja grupi keskmine \bar{y}_j .

3.2 Olulisuse määramine: permutatsiooni test

Olulisuse testidega saab määratleda, kas täheldatud efekt, nagu näiteks kahe valimi keskmiste erinevus või kahe muutuja vaheline korrelatsiooni, võib olla statistiliselt oluline tulemus või lihtsalt tingitud juhuslikkusest [15]. Permutatsiooni test on üks olulisuse testidest, millega on võimalik kehtestada nullmudel andmete tekkimise kohta. Samuti saab permutatsiooni testi rakendada marginaalidele.

4. Analüüs

4.1 Radioloogiste uuringute kasutuse variatsioon Eestis

Järgnevas alapeatükis replikeeritakse K. B. Lysdahl-i ja I. Børretzenm-i uuringu “Geographical variation in radiological services: a nationwide survey” tulemusi EHK andmetega [3]. Töös keskendutakse sarnaselt Norra uuringuga geograafilise variatsiooni kirjeldamiseks maakondadele. RU kasutuse geograafilist variatsiooni kirjeldab tabel 4.1.

Tabelis 4.1 on esitatatud 2016 aastal tehtud RU arv meditsiinis valdkonnas levinud hea tava kohaselt 1000 elaniku kohta maakonnas. Teostatud RU arvud on esitatud vastavalt uurimismeetodile. Samuti on efekti suuruse ja täpsuse hinnanguks väljatoodud iga uurimismeetodi suurima ja väikseima väärtuse suhe (S/V) ja variatsioonikordaja (CV). Variatsioonikordaja on valimi standardhälbe σ ja keskväärtuse μ suhe

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \cdot 100\%. \quad (4.1)$$

See näitab varieeruvuse suurust valimi keskvääruse suhtes ning esitatakse protsendina. Kuna variatsioonikordaja on ühikuta suhtarv, sobib see RU arvu hajususe hindamiseks.

Tabel 4.1: RU arv 1000 elaniku kohta vastavalt maakonnale ja uurimismeetodile 2016 aastal, suurima/väiksema suhe (S/V) ja variatsioonikordajaga (CV).

Maakond	KT	Röntgen	Ultraheli	MRT	Kokku
Ida-Viru maakond	166.04	489.79	375.33	41.55	1072.72
Pärnu maakond	122.22	453.38	395.25	48.02	1018.88
Jõgeva maakond	149.31	486.99	350.03	27.62	1013.97
Harju maakond	148.01	434.23	357.5	40.36	980.12
Valga maakond	139.17	447.84	350.21	32.87	970.11
Tartu maakond	126.21	442.30	352.6	33.06	954.19
Võru maakond	130.51	455.24	281.8	32.86	900.43
Põlva maakond	118.15	449.12	284.23	38.98	890.49
Lääne-Viru maakond	122.34	399.39	335.12	31.05	887.93
Järva maakond	121.79	411.58	324.31	24.72	882.41
Lääne maakond	127.27	378.54	327.97	37.11	870.91
Rapla maakond	101.95	443.01	286.57	33.44	864.98
Viljandi maakond	116.68	376.94	280.32	42.8	816.76
Saare maakond	127.66	376.61	280	27.56	811.84
Hiiu maakond	105.09	401.39	247.67	36.1	790.25
S/V	1.63	1.3	1.6	1.94	1.36
CV	13.1%	8.7%	13.3%	18.1%	9.1%

Tabelist 4.1 lähtub, et kõige rohkem uuringuid 1000 inimese kohta on tehtud Ida-Viru maakonnas (1072,72) ja kõige vähem Hiiu maakonnas (790,25). Seega S/V kordajaks saadakse 1,36 ehk Ida-Virumaalastele tehti 2016 aastal keskmiselt 1,36 korda rohkem RU uuringuid kui Hiiumaa elanikele. Üldine hajuvus RU kasutuses on (9,1%). Võrreldes Norra uuringu tulemustega on variatsioon RU kasutuses Eestis kordades väiksem, kuid siiski 1,36 kordne erinevus RU kasutuses on märkimisväärne ja põhjendamata kujul tähendab see ebaõiglast RU

kasutuse jaotust.

Täpsem analüüs näitab, et KT uuringuid tehti keskmiselt 128,17 tükki 1000 inimese kohta maakonnas. Uuringute arv oli madalaim Raplamaalaste seas (101,95) ja kõrgeim Ida-Virumaalaste puhul (166,04), S/V väärtuseks saadi 1,63.

MRT uuringuid tehti keskmiselt 35,21 tükki. Enim MRT uuringuid tehti Pärnu maakonna elanikele (48,02) ja vähim Järvamaalastele (24,72). S/V väärtus (1,96) näitab ligi kahekordset erinevust MRT kasutuses nende maakondade vahel. Samuti on MRT puhul hajuvus (18,1 %) suurim.

Ultraheli uuringuid tehti keskmiselt 321,93 tükki ja suurim maakondade vaheline erinevus on Pärnumaa ja Hiiumaa elanike vahel (S/V on 1.6). Kõige vähem varieerub röntgeni kasutus. Seda kinnitab nii väike S/V väärtus (1.3) kui ka CV (8,7%).

Tabel 4.2: Üksikute RU teenuste arv 1000 elaniku kohta suurima ja väikseima väärtusega maakondades, suurima/väiksema suhe (S/V) ja variatsioonikordaja (CV).

	Suurim	Väikseim	S/V	CV
Röntgeniülesvõte rindkere piirkonnast	185.59	125.34	1.48	11.20%
Vaginaalne ultraheliuuring	174.92	64.66	2.71	29.94%
Kompuutertomograafia kontrastainega	53.99	34.94	1.55	14.39%
Röntgeniülesvõte alajäsemetest	114.12	76.92	1.48	10.46%
Kompuutertomograafia natiivis	94.97	48.29	1.97	20.04%
Kõhu- ja vaagnapiirkonna ultraheliuuring	102.77	57.36	1.79	18.25%
Röntgeniülesvõte ülajäsemetest	79.12	57.32	1.38	9.78%
Silmapõhja optiline koherentne tomograafia	62.81	17.31	3.63	38.52%
Röntgeniülesvõte lülisamba piirkonnast	67.77	31.77	2.13	21.37%
Ühe mähisega uuring MRT-l	47.96	24.52	1.96	18.24%
Mammograafia, üks rinnanääre kahes sihis	48.13	34.71	1.39	10.82%
Röntgeniülesvõte peapiirkonnast	44.20	11.28	3.92	33.80%
Raseduse ultraheliuuring	40.75	22.31	1.83	19.93%
Peaaju kompuutertomograafia natiivis	38.94	20.48	1.90	16.85%
Pehme kudede ultraheliuuring	46.12	14.65	3.15	34.91%
Kompuutertomograafia-angiograafia	18.33	7.60	2.41	21.05%
Kilpnäärme ultraheliuuring	37.50	9.79	3.83	39.40%
Ühe piirkonna arterite ultraheliuuring	42.59	6.96	6.12	51.32%
Röntgeniülesvõte vaagnapiirkonnast	29.77	9.22	3.23	34.83%
Kõhupiirkonna ultraheliuuring	57.21	3.92	14.59	86.32%
Silma ultraheliuuring	18.35	9.62	1.91	16.51%
Loote ultraheliuuring dopleriga	21.19	1.29	16.43	89.21%
Ühe piirkonna veenide ultraheliuuring	42.60	3.54	12.03	80.38%
Residuaaluriini määramine ultraheliga	27.98	1.92	14.57	52.98%

Tabelis 4.1 kirjeldas geograafilist variatsiooni uurimismeetodi tasemel, järgnevalt esitatakse variatsioon kitsamal, üksiku teenuse, tasemel. Tabelis 4.2 on esitatatud 2016 aastal enim tehtud üksikute RU teenuste suurim ja väiksem arv 1000 elaniku kohta maakondades. Iga teenuse jaoks on välja toodud suurim ja väiksem esinenud väärtus maakondades, S/V ja CV. Tabelis 4.2 esitatud 25 teenust moodustavad 92.83 % kõikidest RU teenustest aastal 2016.

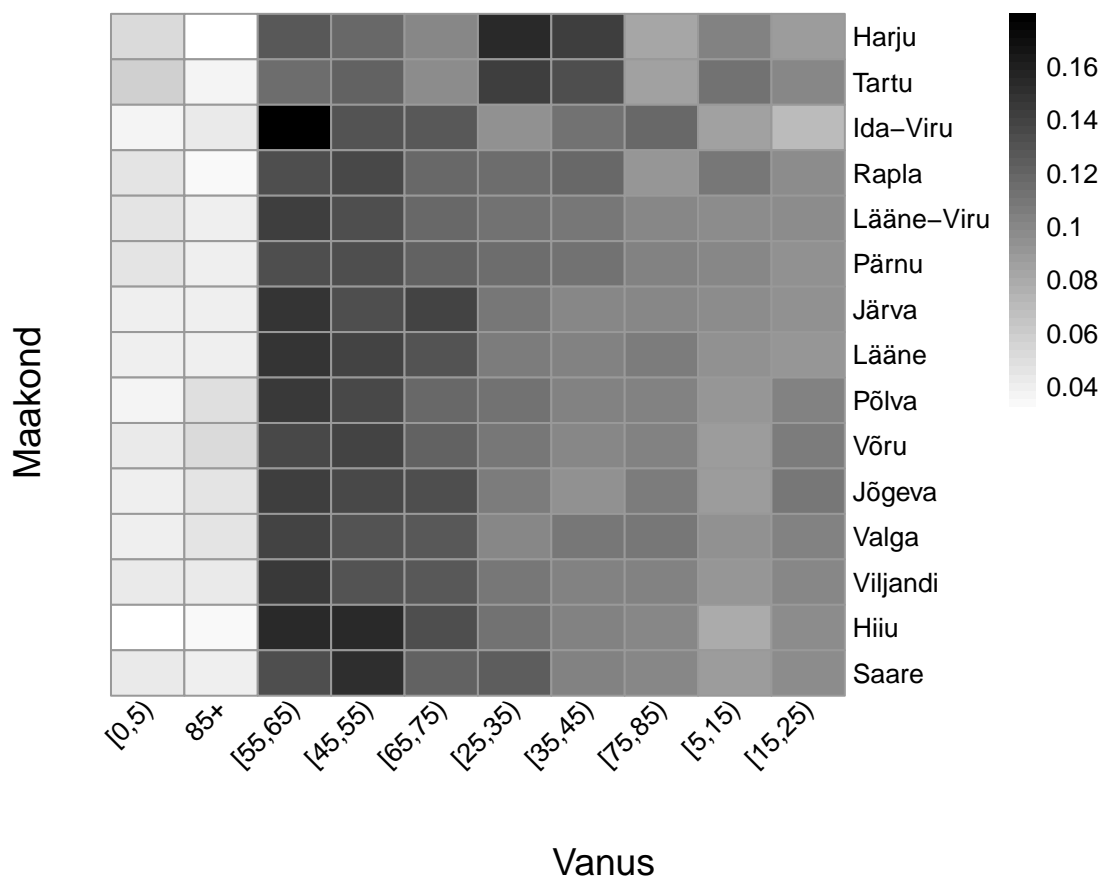
Kuigi tabelis 4.1 esitatud kokkuvõtlikud variatsiooni näitajad (S/V ja CV) pole üllatavalt suured, siis tabelist 4.2 näeb, et üksikteenuse tasemel varieeruvad näitajad tunduvamalt rohkem. Kõige suurema hajuvusega üksikteenuse hajuvus on 89,21% ning kõige väiksem on 9,78%. Suurim hajuvus on loote dopleriga ultraheliuuringu puhul, mida tehti suurima väärtusega maakonnas 21,19 korda 1000 elaniku kohta ning 1,29 korda 1000 elaniku kohta väikseima väärtusega maakonnas ehk erinevus on 16,43 kordne. Kõige väiksem hajuvus on röntgeniülesvõttel ülajäsemetest. Seda uuringut tehti suurima väärtusega maakonnas 79,12 korda ning väikseima väärtusega maakonnas 57,32 korda.

Tabelist 4.2 näeb, et tihti traumaga seotud teenuste (Röntgeniülesvõtte rindkere piirkonnast, ülajäsemetest ja alajäsemetest) kasutuse hajuvused on sarnaselt väikesed (~ 10%). See võib olla tingitud loomulikust juhuslikkusest trauma tekimisel. Samuti oli Norra tulemustes röntgeniülesvõtte kasutus kõige väiksema hajuvusega. Suurima variatsiooniga on erinevate ultraheli teenuste kasutus, mis on seotud või võivad olla seotud rasedusega. Seda võib põhjustata fertiilses eas naisterahvaste paiknemine Eestis.

4.2 Variatsiooni võimalikud põhjused

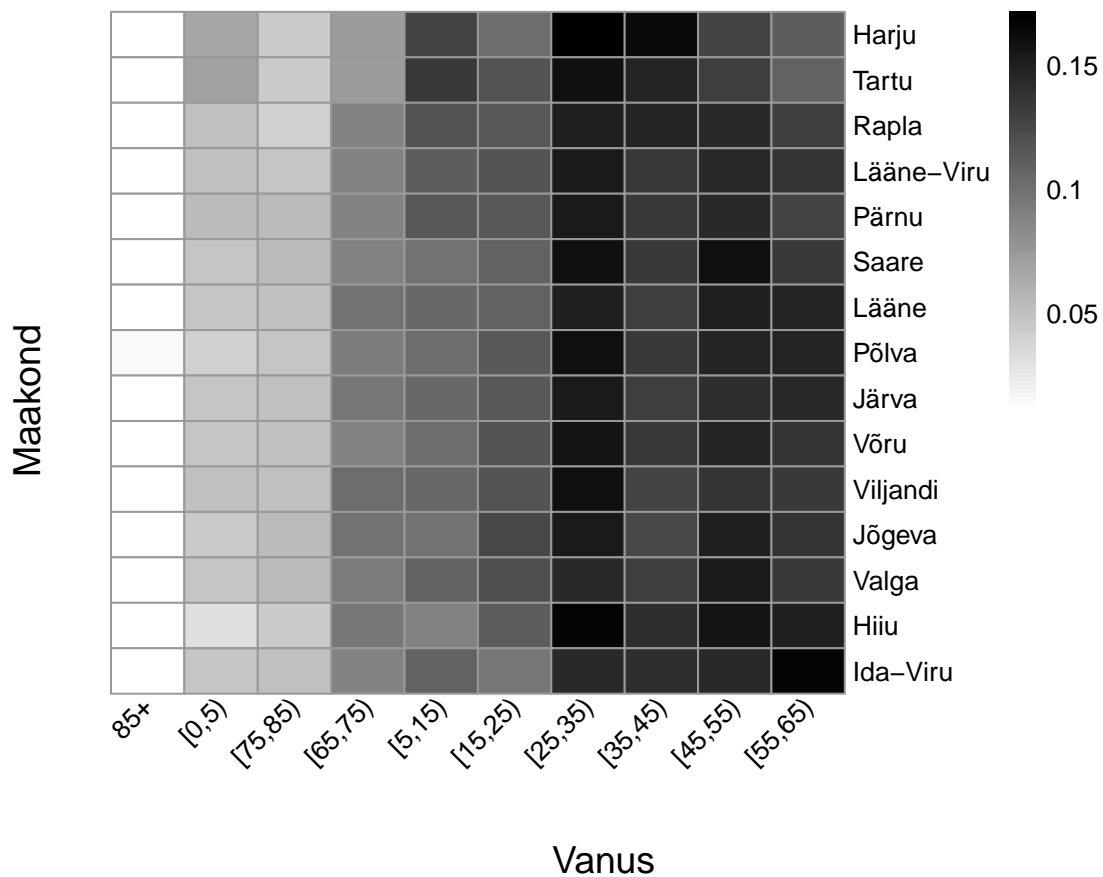
Tabelid 4.1 ja 4.2 kirjeldavad RU kasutuse ulatuslikku variatsiooni Eesti maakondades. See ei tähenda veel vastuolu THT õiglase jaotamise aluspõhimõtete-ga [2]. Variatsioon võib olla seletatav demograafiliste näitajatega nagu sugu ja vanus [16]. On arusaadav, et lähtuvalt patsiendi soost ja vanusest on patsiendil RU suhtes erivajadused. Kõrgemas eas on paratamatult rohkem tervise mure-sid, mille diagnoosimiseks RU tehakse. Samuti on otsene seos soo ja RU kasuta-mises: rasedus ja perekonna moodustamine. Vanuse ja soo mõju RU kasutusele on märkimisväärne ainult juhul kui maakonniti pole demograafilised näitajad jaotunud võrdselt [17].

Joonisel 4.1 on esitatud naiste, joonisel 4.2 meeste ja joonisel 4.3 rahvastiku jaotus maakondade vahel. Jaotused on esitatud vanusgruppide osakaaludena maakondedes ehk rida joonisel vastab 100%.



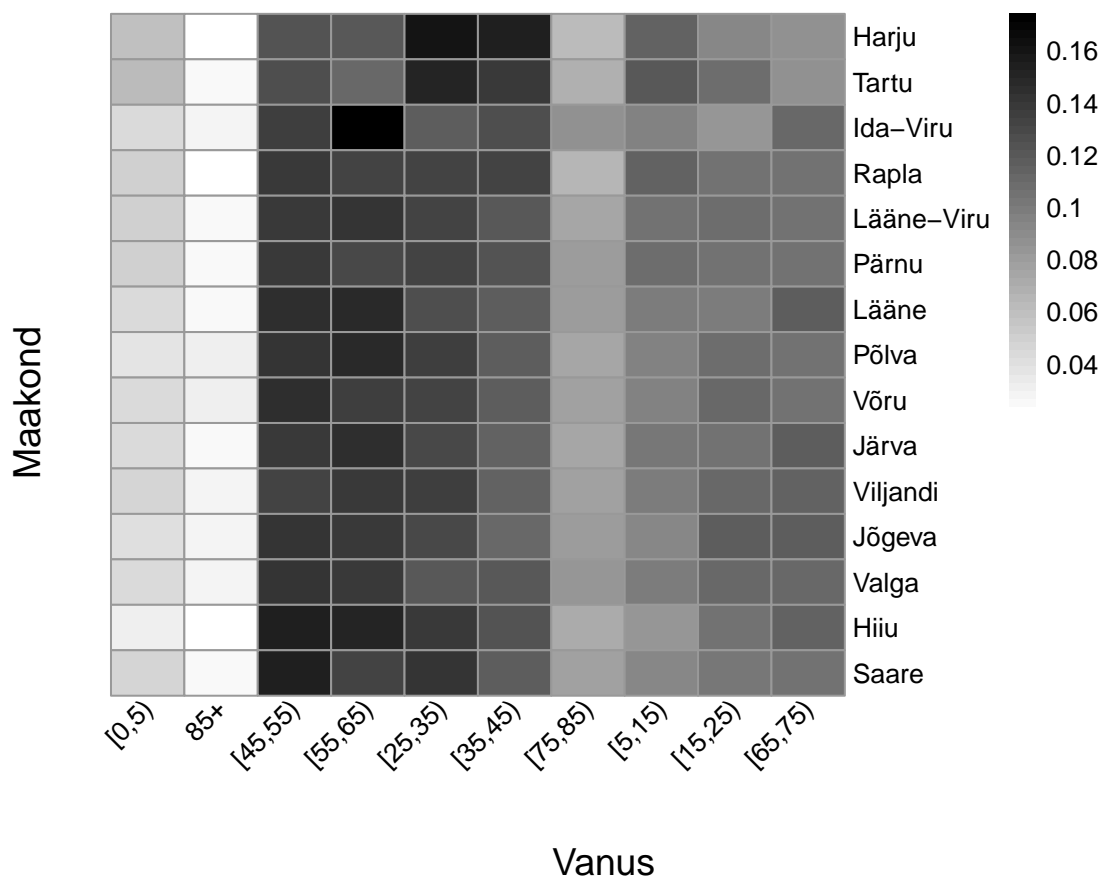
Joonis 4.1: Naiste vanusgruppide osakaal maakondades esitatuna intensiivsuskaardina

Jooniselt 4.1 näeb, et naisterahvaid on nii Tartumaal kui Harjumaal kõige rohkem vanuses (25,45]. Teistes maakondades on suurima osakaaluga vanusgrupid vanemad, vanuses (45,75]. Samuti selgub jooniselt, et võrreldes teiste maakondadega on Ida-Virumaal suurim osakaal vanemate naisterahvaste seas.



Joonis 4.2: Meeste vanusgruppide osakaal maakondades esitatuna intensiivsuskardina

Jooniselt 4.2 näeb, et meesterahvad on vanusgruppide jaotunud maakondade vahel ühtlasemalt võrreldes naisterahvastega joonisel 4.1. Samas kerkib intensiivsuskardil ikka esile Tartumaa ja Harjumaa, kus vanusgrupi [25,45) osakaal on suurim. Samuti on meeste intensiivsuskardil näha, et Ida-Virumaal, võrreldes teiste maakondadega, on taas suurim osakaal vanemate seas.



Joonis 4.3: Rahvastiku vanusgruppide osakaal maakondades esitatuna intensiivsuskardina

Joonis 4.3 kinnitab joonistelt 4.1 ja 4.2 esile kerkinud seaduspärasusi. Tartumaal ja Harjumaal domineerib vanusgrupp [25,45) ning Ida-Virumaa demograafiline joatus on vanim Eestis.

Rahvastiku jaotus ja tabel 4.1 viitavad vanuse ja RU kasutuse otsesele seosele. Tabel 4.1 kohaselt tehakse enim RU Ida-Virumaal ning intensiivsuskardid kinnitavad fakti, et Eesti kontekstis on Ida-Virumaa vanimad. Samas Hiiumaa põhine näide seab seose kahtluse alla. Tabeli 4.1 kohaselt tehti Hiiumaalastele

kõige vähem RU, ent jooniste 4.1,4.2 ja 4.3 järgi on Hiiumaalased samuti pigem vanemad võrreldes ülejäänud Eestiga. Järelikult sugu ja vanus ei ole piisavad selgitamaks RU kasutuse geograafilist variatsiooni Eestis.

4.3 Logistiline mudel variatsiooni kirjeldamiseks

Järgnevalt koostatakse geograafilise variatsiooni kirjeldamiseks logit-mudel. Selleks võetakse vaatluse alla kõik raviarved, kus on tehtud kas KT uuring või röntgenuuring, sest on lihtne empiiriliselt hinnata KT uuringut paremaks röntgenuuringust. Modelleeritakse tõenäosust, et röntgenuuringu asemel on tehtud KT uuring. Selleks moodustatakse uuritav tunnus *uuring* vastavalt:

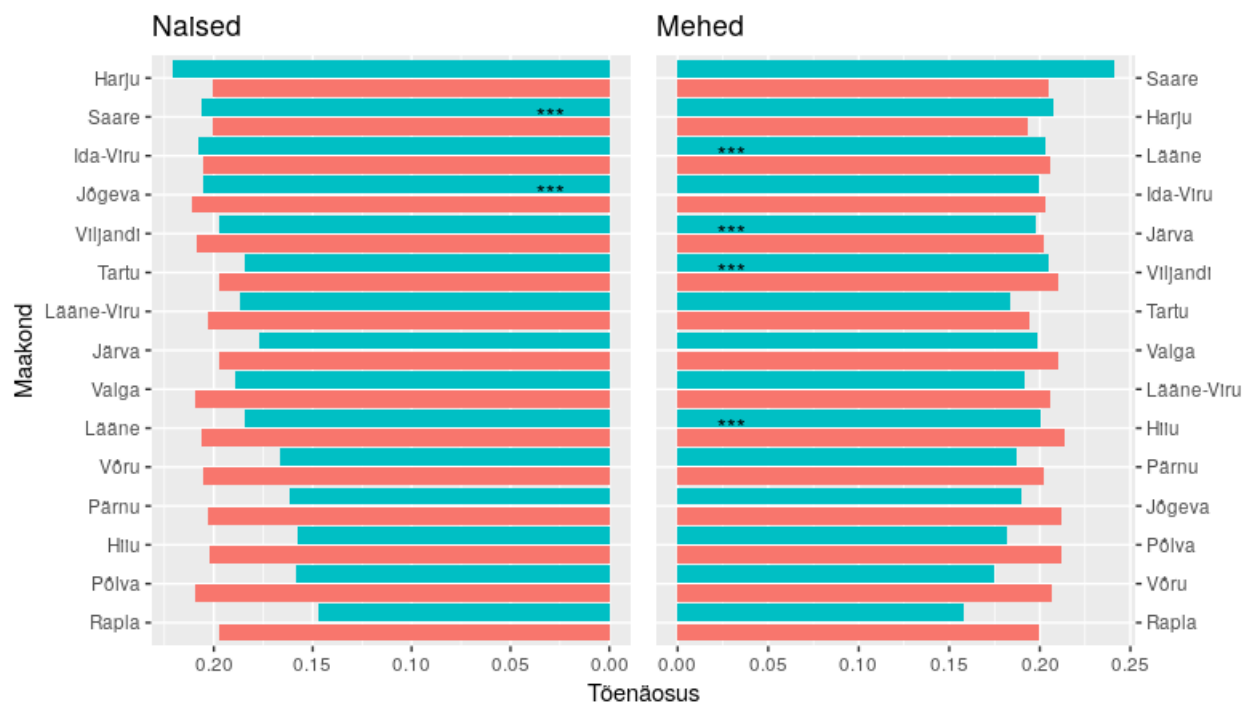
$$uuring = \begin{cases} 1, & \text{kui raviarve vastab KT uuringule} \\ 0, & \text{arve vastab röntgenuuringule} \end{cases} \quad (4.2)$$

Seejärel koostatakse mudel, kus argumenttunnusteks on ainult sugu ja vanus ning nende koosmõju. Niimoodi modelleerides saab näidata kui palju demograafilised näitajad nagu sugu ja vanus reaalselt kirjeldavad geograafilist variatsiooni KT ja röntgeni kasutuses. Selleks leitakse andmetele ennustused mudeli järgi ning võrreldakse tulemusi andmete põhjal arvutatud täpsete väärtustega.

Joonisel 4.4 on esitatud sinisena täpsed ja punasena mudeliga ennustatud keskmistatud tõenäosused maakondades, et röntgenuuringu asemel on tehtud KT uuring. Esitatud väärtused on järjestatud tegeliku ja ennustatud keskmistatud tõenäosuste vahe järgi. Samuti on joonisel 4.4 väljatoodud tärnidega maakonnad, kus permutatsiooni testi järgi on geograafiline variatsioon täielikult soo ja

vanusgruppide poolt ära määratud.

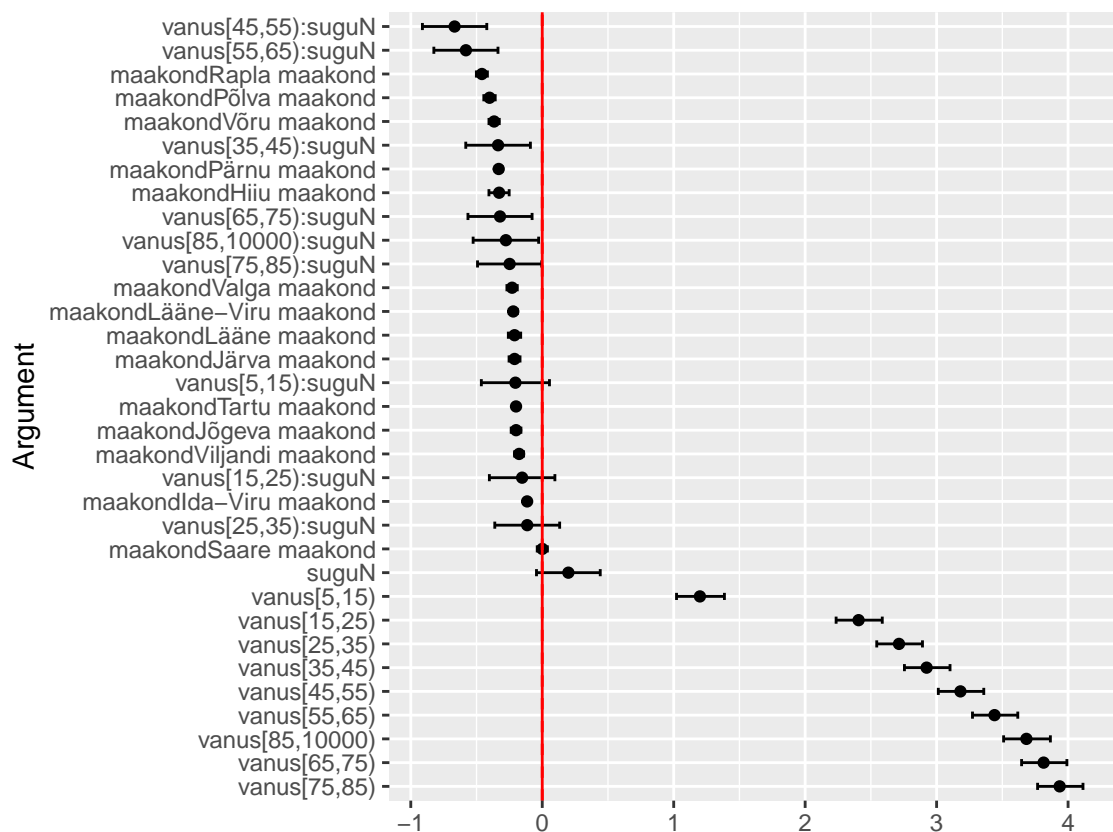
(4.3)



Joonis 4.4: Täpsed (sinine) ja ennustatud (punane) keskmistatud tõenäosused, et röntgenuuringu asemel on tehtud KT uuring, esitatud maakonniti. Tärnid tähistavad maakondi, kus jäidi permutatsioonitesti nullhüpoteesi juurde

Jooniselt 4.4 näeb, et naiste ja meeste puhul on keskmised tõenäosused, et tehtav uuring oli KT uuring, maakonniti erinevalt jaotunud, kuid mõlema soo puhul on suurimad ja väiksemad tõenäosused sarnaselt jaotunud. Saarlastel ja harju-maalastel on suurim tõenäosus saada KT uuring röntgeni asemel ning raplaste ja põlvlaste seas madalaim. Joonisel 4.4 nähtav tegelike ning ennustatud väärtuste erinevused taaskord kinnitavad üldiselt ei ole geograafiline variatsioon kirjeldatav ainult soo ja vanuse poolt.

Geograafilise efekti näitamiseks tõenäosuse modelleerimisel lisatakse mudelisse lineaarselt patsiendi elukoht (tunnus *maakond*). Joonisel 4.5 on esitatud täiendatud logit-mudeli argumentide ja nende koosmõju parameetrite väärtused ja nende usaldusintervallid. Joonise 4.5 tõlgendamisel tuleb arvestada, et esitatud faktorite parameetri väärtused on hinnatud faktori baas tasemete suhtes.



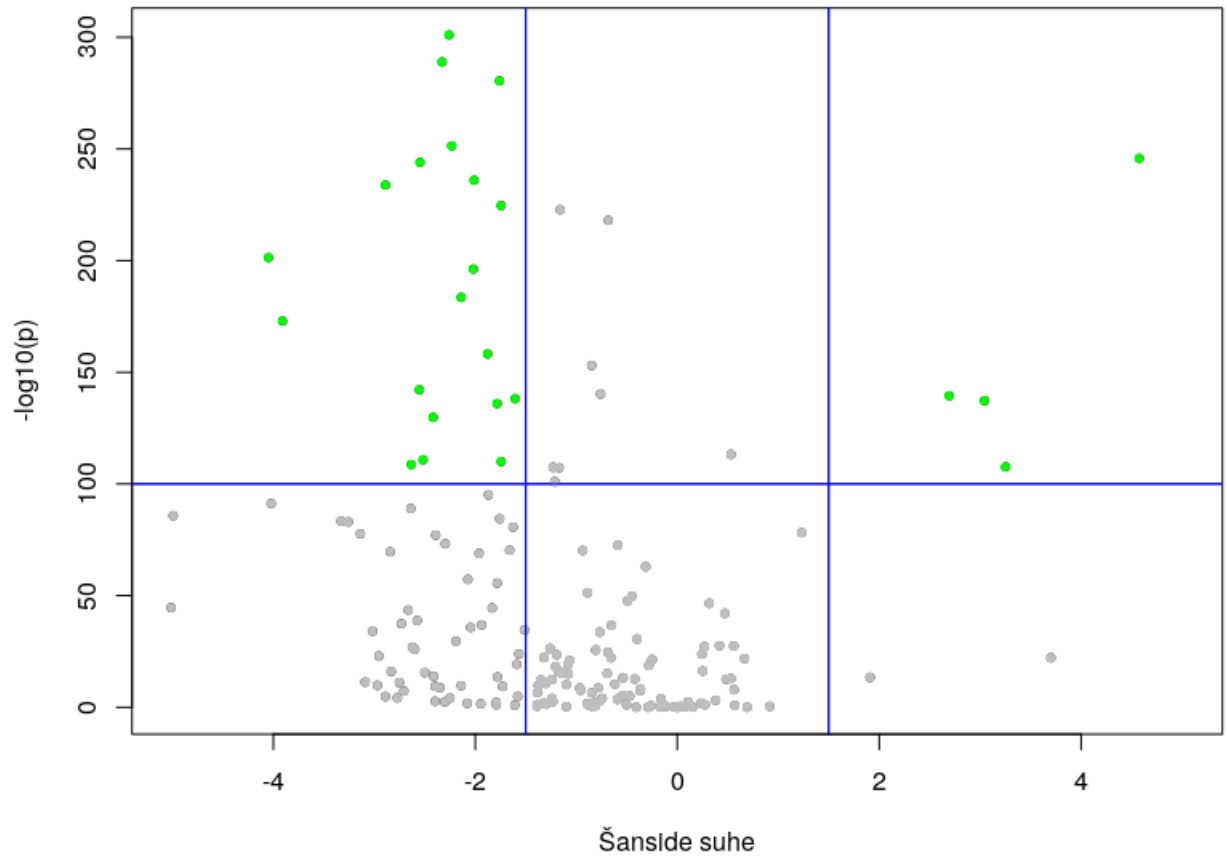
Joonis 4.5: Logit-mudeli argumentide ja koosmõju parameetrid ning nende usaldusintervallid

Jooniselt 4.5 näeb, et patsiendi elukoht on oluline tunnus mudelis ning võrreldes Harjumaaga või Saaremaaga üldiselt šansid saada KT uuring üle röntgeni

kahaneb. Kõige suurem efekt tõenäosuse ennustamisel on vanusel. Samuti on märkimisväärne, et maakondade parameetrid on väga väikse varieeruvusega.

Joonisel 4.5 kujutatud mudeli järgi eksisteerib geograafiline variatsioon RU ja KT kasutuses, kuid antud mudel ei arvesta patsientide diagnoosiga, mis võiks olla otsustav faktor määratlemaks kas teha KT või röntgen uuring patsiendile. Seega tuleks mudelisse kaasata ka patsientide diagnoosid ning arvestada kõigi faktorite soo, vanuse ja diagnoosi koosmõjudega.

Selleks, et vältida mudeli ülesobitamist, mis diagnooside iga taseme kaasamisel juhtub, kasutatakse täpsete diagnooside asemel üldisemaid diagnoosiklasse. Samuti on esineb andmetes liiga palju erinevaid diagnoosiklasse, et neid kõiki kaasata, Seega tuleb tuvastada huvi pakkuvad diagnoosiklassid. Joonisel 4.6 on esitatud diagnoosiklasside statistiline olulisus, mis on saadud Fisheri täpset testiga, ja nende efekti suurust, mis esitatud šanside suhtena.



Joonis 4.6: Diagnoosiklassi efekt ja olulisus esitatuna šansside suhete ja olulisuse väärtuse logaritmina

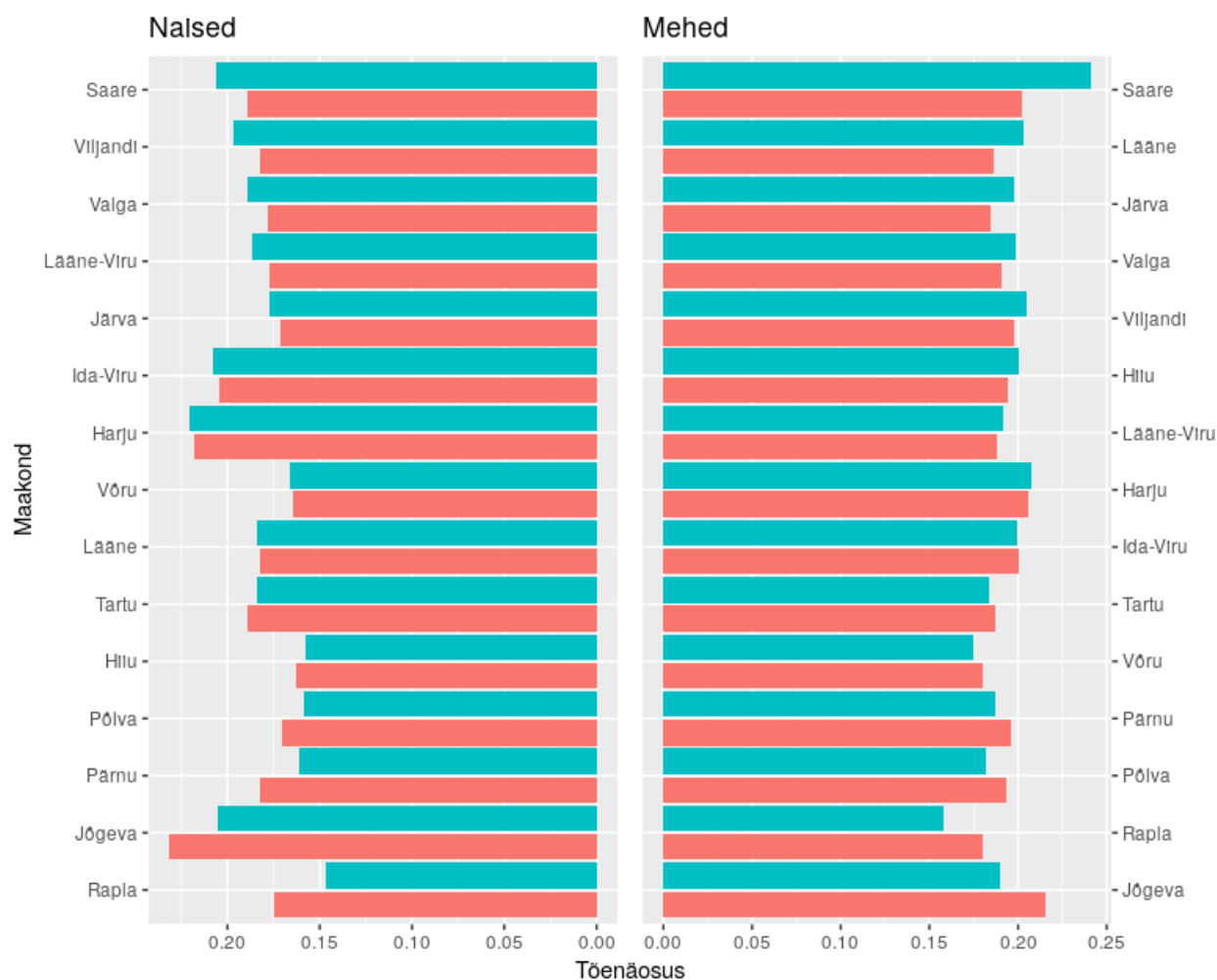
Joonisel 4.6 on joontena esitatud kriteeriumid, mille järgi valiti välja diagnoosiklassid, mida mudelisse kaasata. Kokku osutus valituks 31 diagnoosiklassi, mis moodustavad umbes 70% andmestikust ning ülejäänud diagnoosiklassid kodeeriti kui *muu*. Tabelis 4.3 on esitatud valituks osutunud diagnoosiklassid ja nende nimetused.

Tabel 4.3: Diagnoosiklassid ja nende nimetus

Diagnoosiklass	Nimetus
B25-B34	Muud viirushaigused
H25-H28	Läätse haigusseisundid
H30-H36	Soonkesta ja reetina e võrkkesta haigusseisundid
H40-H42	Glaukoom e rohekae
H49-H52	Silmalihaste, binokulaarliikumise, akommodatsiooni
I10-I15	Kõrgvererõhkaigused
I20-I25	Südame isheemiatõved
I30-I52	Muud südamehaigused
J00-J06	Ülemiste hingamisteede ägedad nakkused
J09-J18	Gripp ja pneumoonia e kopsupõletik
J20-J22	Alumiste hingamisteede muud ägedad nakkused
J40-J47	Alumiste hingamisteede kroonilised haigused
K00-K14	Suuõõne-, süljenäärme- ja lõualuuhaigused
M05-M14	Põletikulised polüartropaatiad
M15-M19	Artroosid
M20-M25	Liigeste muud haigusseisundid
M40-M43	Deformeerivad dorsopaatiad
M50-M54	Muud dorsopaatiad
M70-M79	Pehmete kudede muud haigusseisundid
N30-N39	Kuseelundite muud haigused
N60-N64	Rinna haigusseisundid
R00-R09	Vereringesüsteemi ning hingamiselunditega seotud sümptomid ja tunnused
S20-S29	Rindkerevigastused
S30-S39	Kõhu, selja alaosa, lülisamba nimmeosa ja vaagna vigastused
S40-S49	Õla- ja õlavarrevigastused
S50-S59	Küünrapiirkonna- ja küünarvarrevigastused
S60-S69	Randme- ja käevigastused
S70-S79	Puusa- ja reievigastused
S80-S89	Põlve- ja säärevigastused
S90-S99	Kanna- ja jalavigastused
Z00-Z13	Isiku kohtumine terviseteenistusega läbivaatuse või uurimise eesmärgil

Järgnevalt koostatakse mudel, kus argumentideks on sugu, vanus ja diagnoosiklass ning nende kõik võimalikud koosmõjud. Mudeli abil esitatakse geograafilne variatsioon KT ja röntgeni kasutuses sarnaselt joonisega 4.4. Võrreldakse ennustatud tõenäosusi tegelike väärtustega.

Joonisel 4.7 on esitatud sinisega täpsed ja punasega ennustatud keskmistatud tõenäosused, et tehti KT uuring röntgenuuringu asemel, maakondades. Esitatud väärtused on järjestatud tegeliku ja ennustatud keskmistatud tõenäosuste vahe järgi.



Joonis 4.7: Täpsed (sinine) ja ennustatud (punane) keskmistatud tõenäosused, et röntgenuuringu asemel on tehtud KT uuring, esitatud maakonniti

Võrreldes joonist 4.7 lihtsama mudeli põhjal koostatud joonisega 4.4 on ennustused tundavamalt täpsemad kolme faktori korral. Samuti on joonistel erinev maakondade järjekord - diagnoosiklasside kaasamine mudelisse on muutnud ennustuse ja tegeliku sageduse vahekorda.

Kokkuvõte

Bakalaureusetöö eesmärk oli kirjeldada ja põhjendada geograafilist variatsiooni radioloogiliste uuringute kasutuses, võttes arvesse patsiendi sugu, vanust ja diagnoosi. Selleks kirjeldati erinevate radioloogiliste uurimismeetodite kasutuse erinevusi Eesti maakondades.

Variatsiooni põhjendamiseks kirjeldati intensiivsuskartidega rahvastiku jaotust maakondades, lähtudes soost ja vanusegruppidest. Samuti modelleeriti geograafilise variatsiooni kirjeldamiseks tõenäosust, et röntgenuuringu asemel tehakse täpsem kompuutertomograafia uuring. Suurte andmekoguste modelleerimiseks kasutati regressiooni parameetrite hindamisel kaaludega vähimruutude meetodit. Permutatsiooni testi kasutati soo ja vanuse olulisuse määramiseks geograafilise variatsiooni põhjustajatena. Samuti tuvastati mudeli parandamiseks olulisemad diagnoosiklassid lähtudes diagnoosiklasside olulisusest ja efektis.

Analüüsis selgus radioloogiliste uuringute ulatuslik varitasioon Eesti maakondades, mis on suurel määral kirjeldatav rahvastiku soolise ja vanuselise jaotusega Eestis. Logit-mudelist tuvastati, et päritolu mõjutab tõenäosust täpsem uuring. Antud tulemuste põhjal ei ole võimalik kinnitada ega ümberlükata teravishoiuressursside õiglast jaotamist. Tulevikus tuleb põhjalikumalt uurida THT geograafilist varitasiooni Eestis, selleks et paremini optimiseerida THT kasutust ja kättesaadavuse võrdsust.

Kirjandus

- [1] Eesti Haigekassa seadus
<https://www.riigiteataja.ee/akt/113032014012?leiaKehtiv>. Vaadatud (10.04.2019).
- [2] Ravikindlustuse seadus
<https://www.riigiteataja.ee/akt/104052016008?leiaKehtiv>. Vaadatud (11.04.2019).
- [3] Lysdahl, K. B. ja Børretzenm, I. (2007). Geographical variation in radiological services: a nationwide survey. *BMC Health Services Research* 2007,7-21. Kättesaadav: <http://www.biomedcentral.com/1472-6963/7/21>. (vaadatud 15.01.2019)
- [4] Regionaalhaigla, mõiste: radioloogia
<https://www.regionaalhaigla.ee/et/radioloogia-0>. Vaadatud (04.04.2019).
- [5] Regionaalhaigla, mõiste: röntgenuuring
<https://www.regionaalhaigla.ee/sites/default/files/documents/Rontgenuuring.pdf>. Vaadatud (07.04.2019).
- [6] Regionaalhaigla, mõiste: ultraheliuuring
https://www.regionaalhaigla.ee/sites/default/files/documents/Ultrasonograafia_ehk_ultraheliuuring_2014.pdf. Vaadatud (02.04.2019).
- [7] Regionaalhaigla, mõiste: kompuutertomograafia uuring
https://www.regionaalhaigla.ee/sites/default/files/documents/Kompuutertomograafia_uuring_2014.pdf. Vaadatud (05.04.2019).

- [8] Regionaalhaigla, mõiste: magnetresonantstomograafia uuring
https://www.regionaalhaigla.ee/sites/default/files/documents/Magnetresonantstomograafia_MRT_uuring_0.pdf. Vaadatud (08.04.2019).
- [9] Regionaalhaigla, mõiste: angiograafiline uuring
https://www.regionaalhaigla.ee/sites/default/files/documents/Angiograafiline_uuring_2014.pdf. Vaadatud (08.04.2019).
- [10] Eesti Statistikaameti andmebaas
 Kättesaadav: <http://pub.stat.ee/px-web.2001/dialog/statfile2.asp>.
 Vaadatud (17.04.2019).
- [11] Andmeanalüüs II konspekt, Ene Käärrik
<http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/35401/AndmeanaluusII.pdf>. Vaadatud (17.04.2019).
- [12] Euroopa Liidu isikuandmete kaitse üldmäärus
<http://www.privacy-regulation.eu/et/index.htm>. Vaadatud
 (17.04.2019).
- [13] World Health Organization. (2016). ICD-10 Classifications. Kättesaadav:
<https://icd.who.int/browse10/2016/en>. Vaadatud (30.04.2019).
- [14] Uusna. K. (2018). Statistilise analüüsirakendamine Eesti Haigekassara-
 viarvetele. Kättesaadav: http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/61056/uusna_kristiina_bsc_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Vaada-
 tud (05.05.2019).
- [15] Moore, D. S., McCabe, G. P. ja Craig. B. A. (2009). Introduc-
 tion to the Practice of Statistics (kuues trükk).847-857. Kät-
 tesaadav: https://www.researchgate.net/profile/Rashmi_

Parihar2/publication/325682747_David_S_Moore_George_P_McCabe_Bruce_Craig_Inb-okxyz/links/5b1e2172a6fdcca67b691e41/David-S-Moore-George-P-McCabe-Bruce-Craig-Inb-okxyz.pdf . Vaadatud (07.05.2019).

- [16] Osika Friberg, I., Krantz, G., Määttä, S., ja Järbrink, K. (2015). Sex differences in health care consumption in Sweden: A register-based cross-sectional study. *Scandinavian Journal of Public Health* 2016, 264-273. Kättesaadav: <https://doi.org/10.1177/1403494815618843>. Vaadatud (07.05.2019).
- [17] Manning W. G., Norton E.C. ja Wilk A. S. (2012). Explaining Geographic Variation in Health Care Spending, Use, and Quality, and Associated Methodological Challenges. 30-32

Lisa

Lisa 1

Radioloogiliste teenuste nimekiri, mille järgi eristati radioloogiliste uuringuid muudest ravi arvetest. https://raw.githubusercontent.com/Siimtarb/Lisa1/master/radiology_services.csv

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Siim Tarbe

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose "Radioloogiliste uuringute kasutuse geograafiline variatsioon Eestis", mille juhendaja on Sven Laur, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Siim Tarbe

Tartus, 08.05.2019