



VILNIAUS UNIVERSITETAS
CHEMIJOS IR GEOMOKSLŲ FAKULTETAS
KARTOGRAFIJOS IR GEOINFORMATIKOS KATEDRA

Dalia Klimavičiūtė

LIETUVOS GYVENTOJŲ DAZIMETRINIS KARTOGRAFAVIMAS

DASYMETRIC MAPPING OF LITHUANIA POPULATION

Magistro darbas

Studijų programa – Kartografija

Darbo vadovė: prof., Giedrė Beconytė

Vilnius, 2018



VILNIAUS UNIVERSITETAS
CHEMIJOS IR GEOMOKSLŲ FAKULTETAS
KARTOGRAFIJOS IR GEOINFORMATIKOS KATEDRA

Dalia Klimavičiūtė

LIETUVOS GYVENTOJŲ DAZIMETRINIS KARTOGRAFAVIMAS

DASYMETRIC MAPPING OF LITHUANIA POPULATION

Magistro darbas

Studijų programa – Kartografija

Darbo vadovė: prof., Giedrė Beconytė

Vilnius, 2018

TURINYS

ĮVADAS	5
1. DAZIMETRINIO KARTOGRAFAVIMO APŽVALGA	7
1.1. Dazimetrinio kartografavimo istorija	7
1.2. Dazimetrinio žemėlapių apibūdinimas	10
1.3. Metodai ir duomenų naudojimas dazimetriniame žemėlapyje	12
2. DARBO METODOLOGIJA	22
2.1. Darbo rengimo metodika	22
2.2. Darbe naudoti duomenys	23
2.3. Dazimetrinio kartografavimo įrankiai	34
2.4. Tankumo vertinimo problemos	36
2.5. Naudoti metodai	37
3. DARBO REZULTATAI	38
3.1. Lietuvos gyventojų dazimetriniai žemėlapiai	38
3.1.1. Darbo procesas ir tarpiniai rezultatai	38
3.1.2. Finaliniai dazimetriniai raštai	42
IŠVADOS	47
LITERATŪROS IR INFORMACIJOS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS	48
PRIEDAI	50
SANTRAUKA	53

Klimavičiūtė D. Lietuvos gyventojų dazimetrinis kartografavimas. Magistro darbas. Vilnius: VU. 2018.

Anotacija. Gyventojai yra svarbiausia valstybės egzistavimo sąlyga, erdviniai gyventojų tyrimai ir jų analizė yra svarbi ne tik teoriniais, bet ir praktiniais aspektais. Šio darbo tikslas apžvelgti gyventojų tankumui pavaizduoti naudojamus dazimetrinius žemėlapius bei sudaryti tokį Lietuvai. Tikslui pasiekti buvo iškelti 4 uždaviniai – atlikti dazimetrinio žemėlapio atsiradimo istorijos apžvalgą, pristatyti dazimetrinį žemėlapi ir jo kūrimo metodus, sudaryti Lietuvos gyventojų tankumo dazimetrinių žemėlapių variantus ir išanalizuoti gautus rodiklius. Šiems uždaviniams spręsti buvo surinkti duomenys bei sugrupuoti, išskiriant 3 pagrindines grupes – moksliniai literatūros šaltiniai, kartografiniai ir GIS duomenys bei Lietuvos statistikos departamento duomenys. Atsižvelgiant į duomenų grupių skirtumus, joms analizuoti reikėjo skirtingų analizės metodų - loginių, matematinių, kartografinių. Atlinkus dazimetrinio žemėlapio atsiradimo istorijos apžvalgą, padaryta išvada, jog nors dazimetrinis žemėlapis ar bent jau jo primityvi versija egzistuoja jau apie pora šimtų metų, tačiau jis vis dar nėra žinomas daugeliui kartografų, taigi ir nėra plačiai naudojamas. Pristatant dazimetrinį žemėlapi įsigilinta į jo metodus bei problemas, su kuriomis susiduriama dirbant su gyventojų ir pagalbinias duomenimis. Galiausiai sudaryti Lietuvos gyventojų tankumo dazimetriniai žemėlapiai bei išanalizuoti jų dazimetriniai rodikliai.

Tekstas 50 psl., priedai 3 psl., 22 pav., 9 lentelės. Santrauka lietuvių ir anglų kalbomis.

Raktažodžiai: gyventojų tankumas, gyventojų skaičius, teminis žemėlapis, dazimetrinis žemėlapis, GIS.

IVADAS

Temos aktualumas

Gyventojai yra svarbiausia valstybės egzistavimo sąlyga, todėl gyventojų tyrimai ir jų analizė yra svarbi ne tik teoriniais, bet ir praktiniais aspektais. Ypatingą reikšmę šie tyrimai įgauna kuomet valstybė ar jos regionai išgyvena demografinę krizę. Tuomet gyventojų tankumas ir pasiskirstymas teritorijoje yra reikšmingas formuojant socialinę, ekonominę, kultūrinę, politinę ir ekologinę pusiausvyrą (Šturaitė A., 2016).

Lietuvos statistikos departamentas (LSD) renka informaciją apie nuolatinius Lietuvos gyventojus – jų skaičių ir sudėtį pagal lytį, amžių, pilietybę, gimimo valstybę, santuokinę padėtį, teritorijos administracinius vienetus (Nuolatinių gyventojų skaičius..., 2018). Šią informaciją departamentas gauna iš pačių gyventojų atlikdamas visuotinį gyventojų surašymą. Nors duomenys yra surinkti iš atskirų asmenų, jie yra sugrupuojami ir apjungiami pagal administracinius vienetus – savivaldybes. Dėl šios priežasties analizuojant galima daryti prielaidą, kad gyventojų skaičius yra tolygiai pasiskirstęs per visą savivaldybės teritoriją, įskaitant ir plotus, kuriuose fiziškai nėra ir negali būtų gyventojų, pavyzdžiui, vandens telkiniai, keliai ir t.t. (Dasymetric Allocation of Population, 2015).

Tyrimo objektas

Žmonių populiacijos pasiskirstymas dažniausiai vaizduojamas naudojant gyventojų surašymo, atliekamo kas dešimt metų, duomenis. Tačiau šie duomenys yra suvestiniai geografinių vienetų (gyventojų surašymo vietų ar blokinių grupių) rodikliai, kurių ribos ne visada atspindi natūralų žmonių populiacijos pasiskirstymą. Dazimetrinio kartografavimo technika yra potencialus sprendimas kartografuoti gyventojų tankumą, lyginant su gyvenamosios žemės naudojimu. Dazimetrinis kartografavimas vaizduoja kiekybinius plotinius duomenis, pasinaudojant ribomis, kurios tuos plotus padalina į santykinio homogeniškumo zonas kas parodo tikslesnį gyventojų pasiskirstymą (Dasymetric Mapping..., 2016).

Tyrimo problema

Gyventojų tankumo žemėlapiai retai perteikia tikslingą vaizdą, o dazimetrinio Lietuvos gyventojų tankumo žemėlapiu nėra sudaryto.

Tikslas

Apžvelgti gyventojų tankumui pavaizduoti naudojamus dazimetrinius žemėlapius bei sudaryti tokį Lietuvai.

Uždaviniai

Tikslui įgyvendinti buvo suformuluoti šie uždaviniai:

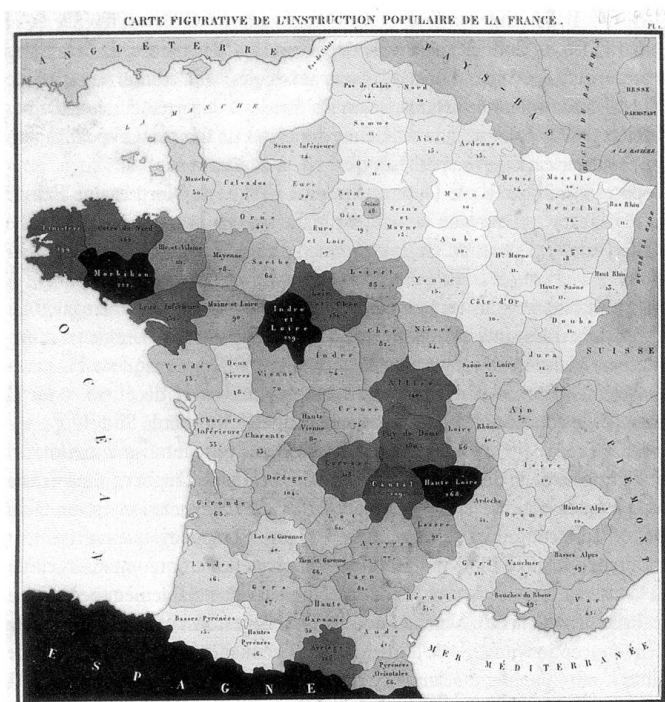
- 1) Atlikti dazimetrinio žemėlapio atsiradimo istorijos apžvalgą.
- 2) Pristatyti dazimetrinį žemėlapi ir jo kūrimo metodus.
- 3) Sudaryti dazimetrinių Lietuvos gyventojų tankumo žemėlapių variantus.
- 4) Išanalizuoti gautus dazimetrinius rodiklius.

Padėka. Autorė nuoširdžiai dėkoja darbo vadovei prof. dr. Giedrei Beconytei už konsultacijas.

1. DAZIMETRINIO KARTOGRAFAVIMO APŽVALGA

1.1. Dazimetrinio kartografavimo istorija

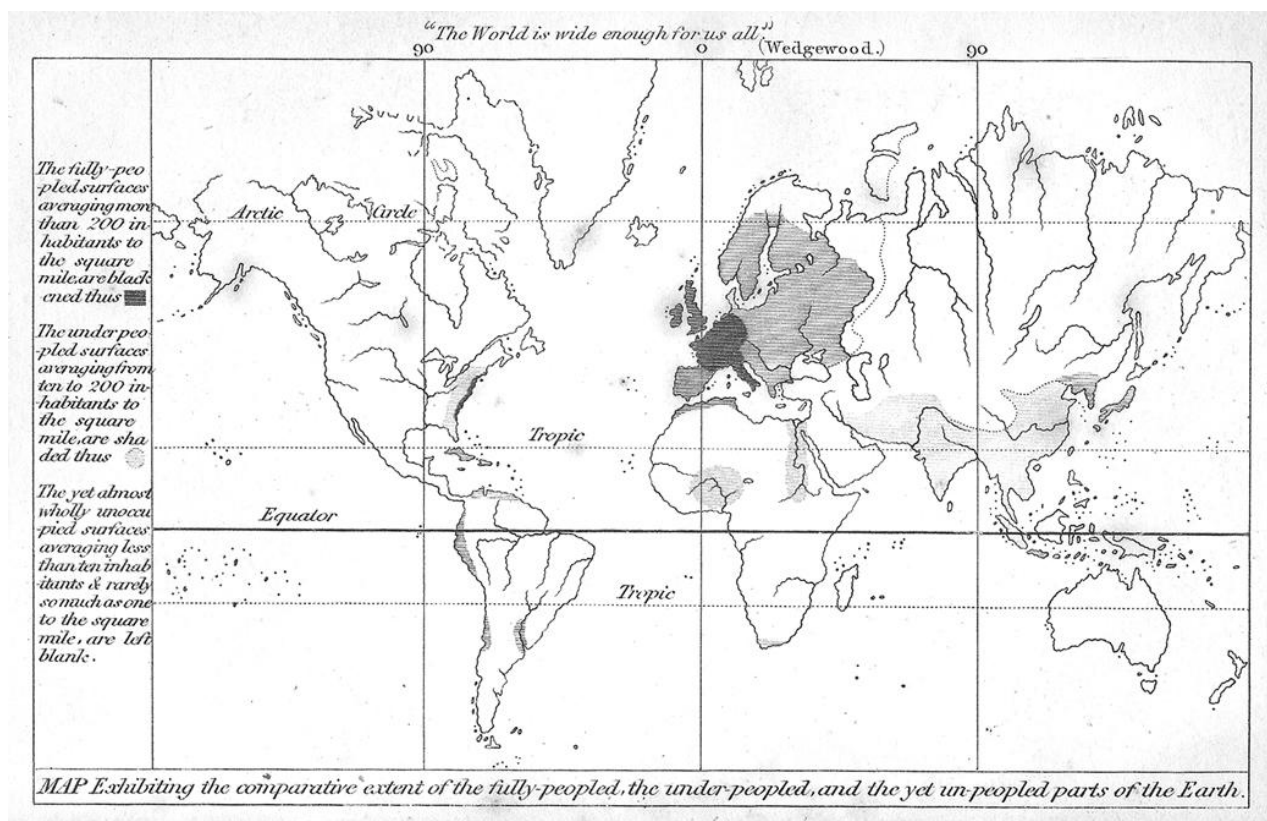
Daug ankstyvųjų kartografinių pastangų buvo dedama gaminant žemėlapius, skirtus navigacijos ir žvalgybos tikslams, kas reikalavo sugebėjimo stebėti ir matuoti fizinį pasaulį siekiant užtikrinti kuo didesnę tikslumą. Prietaisų projektavimo techninė pažanga ir geometrijos teorijos darė šiuos žemėlapius kiek įmanoma tikslesnius, o jie paprastai vaizdavo apčiuopiamus fizinio pasaulio aspektus, pavyzdžiui, plotinius geografinius vienetus, topografiją, temperatūras ar net jūros gelmes. Taigi, žemėlapiai, vaizduojantys socialinius, kultūrinius ar ekonominius pasaulio aspektus buvo pradėti vadinti teminiais žemėlapiais - ypačingai tie, kurie turėjo tam tikrą temą, pavyzdžiui, skurdo lygis, ligų rodikliai arba migracijos srautai. Teminiai žemėlapiai (dar vadinami ir statistiniais žemėlapiais, jeigu jie vaizduoja kiekybinius duomenis atitinkančią temą) yra vieni iš naujesnių, lyginant su kitais žemėlapių tipais. Vienas iš pirmųjų žinomų teminio žemėlapio pavyzdžių yra matematiko *Baron Pierre Charles Dupin* (gyveno 1784-1873 metais) (Palsky G. 2008) neklasifikuotas *spalvinio kodavimo* žemėlapis (angl. *Choropleth map*). Tai tokie žemėlapiai, kuriuose naudoja spalvų atspalvius bei sodrumą, kad parodytų skirtumus tarp regionų, pavyzdžiui, tarp demografinių ar ekonominių statistinių duomenų (Pasaulio žemėlapis, 2015). Taigi šis žemėlapis buvo sukurtas 1826 metais, o terminas pradėtas naudoti 1938 metais. *Baron Pierre Charles Dupin* žemėlapis rodė neraštingumo lygį kiekviename iš administracinių departamentų, sudarančių Prancūziją. Jame arealai buvo spalvinami pilkais atspalviais, kur tamsesnės spalvos rodė didesnę neraštingumo lygį (Maantay J. A., ir kt..., 2007)



1 pav. 1826 metų spalvinio kodavimo Prancūzijos žemėlapis, pagal B. P. C. Dupin (Šaltinis: https://en.wikipedia.org/wiki/Charles_Dupin).

Nors tikros teminio žemėlapio tipologijos tuomet nebuvo, dauguma pagrindinių statistinės grafikos ir teminių žemėlapių, kuriuose mes žinome šiandien, atsirado XIX a. pirmoje pusėje, kaip priemonė kiekybinei informacijai

vizualizuoti. Kadangi nacionaliniai valdžios įgaliojimai augo ir konsolidavo, atsirado poreikis išsamiau atsižvelgti į gyventojų skaičių ir panašius duomenis susijusius su juo, pavyzdžiui, skaičius apie sveikatą, nusikalstamumą, švietimą, skurdą ir ekonomiką. Statistinis kartografavimas atitiko šį poreikį, todėl pirmą kartą, buvo renkami ir pateikiami tam tikri asmens duomenys, reikalingi sukurti tokiems žemėlapiams (Maantay J. A., ir kt..., 2007).



2 pav. 1833 metų Pasaulio gyventojų tankumo žemėlapis, pagal G. J. P. Scrope. (Šaltinis: Sociology and Economics..., 2016)

Į pagrindinius įvykius dazimetriniame kartografavime reikia įtraukti ir *George Julius Poulett Scrope* (gyveno 1797 – 1876 metais) (Sociology and Economics..., 2016) 1833 metų klasifikuotą pasaulio gyventojų tankumo žemėlapi, kuriame buvo naudojama primityvi dazimetrinė technika. Tačiau Rusijos geografas *Petr Petrovich Semyonov-Tyan-Shansky* (gyveno 1827–1914 metais) (Semyonov-Tyan-Shansky..., 2008), kuris mokėsi pagal *Alexander von Humboldt* (gyveno 1769–1859 metais) (Humboldt, Alexander Von, 2008) ir *Carl Ritter* (gyveno 1779–1859 metais) (Ritter, Carl, 2008) Berlyne, išplėtė statistinio kartografavimo naudojimą, todėl jam dažniausiai priskiriami nuopelnai dėl dazimetrinio žemėlapio sukūrimo (Maantay J. A., ir kt..., 2007).

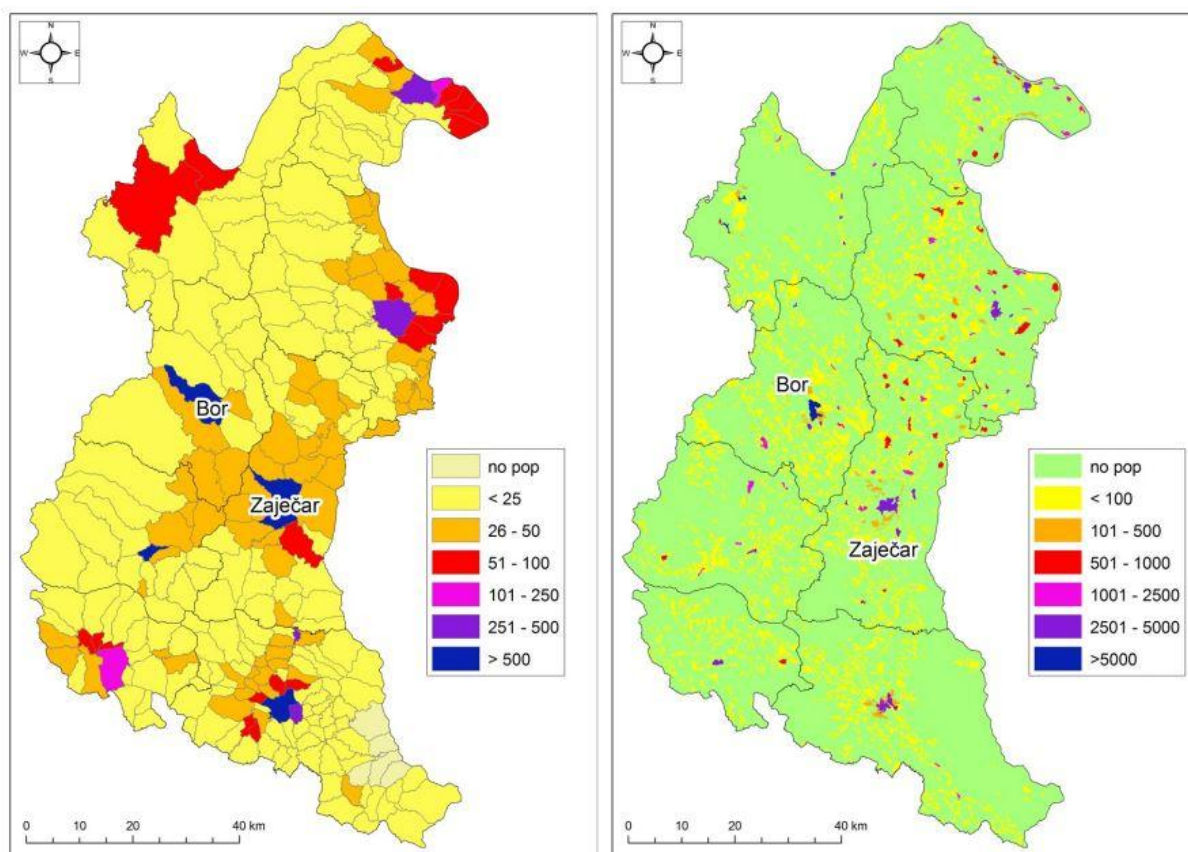
Amerikietis geografas *John Kirtland Wright* (gyveno 1891–1969 metais) (John Kirtland Wright, 2016), kuris bene pirmasis paskelbė dokumentą apie dazimetrinį kartografavimą anglų kalbos žurnale, pareiškė, kad dazimetrija reiškia tankio matavimą. Jo 1936 metų dokumentas

paprastai laikomas užuomazginiu dazimetrinio kartografavimo dokumentu, kuriame jis išaukštino geriausias *dazimetrinio žemėlapi* savybes per *spalvinio kodavimo žemėlapi*. Jis taip pat sugalvojo terminą „*choropleth*“ (vertė pagal plotą) (liet. spalvinio kodavimo) žemėlapi, nors jie buvo naudojami nuo XIX a. pradžios (Maantay J. A., ir kt..., 2007).

Šiandien gyventojų skaičiaus duomenų vizualizavimo poreikis yra dar didesnis, ne tik apibūdinimo tikslais - geografinio paplitimo ir gyventojų tankumo parodymui – bet ir erdvinei analizei bei prognozinio modeliavimo tikslais, siekiant informuoti dėl rizikos vertinimo ir viešosios politikos formavimo daugelyje miesto reikalų. Labiau tradicinės teminio kartografavimo technikos gali nepakakti parodyti ir analizuoti šiuos duomenis. Kartografavimas spalviniais fonais yra vienas plačiausiai naudojamų teminio žemėlapi metodikų šiai dienai, kuri turi daug privalumų, bet jai vis dar trūksta kelių svarbių dalykų (Maantay J. A., ir kt..., 2007).

Spalvinio kodavimo metodas yra pažįstamas ir lengvai suvokiamas bei interpretuojamas žemėlapi skaitytojui, ir gana lengvai apskaičiuojamas. Pavyzdžiui, gyventojų tankumas konkrečiame vienetė gali būti normalizuotas dalijant bendrą gyventojų skaičių pagal plotinius matavimo vienetus. Tačiau, yra trūkumų, įskaitant modifikuojamo arealo vieneto problemą, kuri apibūdina reiškinį, modifikuojantį plotų ribas ir/arba duomenų apibendrinimo lygį, kur erdvinių tyrimų rezultatai gerokai skirsis (Maantay J. A., ir kt..., 2007).

Spalvinio kodavimo (angl. *choropleth*) žemėlapiai taip pat turi polinkį generalizuoti dideles ir mažas vertes per tam tikrą apskaičiuotą vieneta, šalinant erdvinį heterogeniškumą duomenų vertėse. Be to spalvinio kodavimo žemėlapiai vaizduoja staigius pokyčius ties surašymo vienetų ribomis, kurios pagrįstos remiantis dirbtinai apibrėžtomis ribomis, o ne ribomis, kurios nustatytų realų duomenų egzistavimą. Dazimetriniuose žemėlapuose taip pat gali būti staigių ribų pokyčių, bet šie perėjimai yra geriau atspindintys tikrąjį arealo geografinį pagrindą nei spalvinio kodavimo žemėlapių perėjimai, kurių artefaktai iš dalies priskirti savavališkai apibrėžtomis arealinėms riboms. Šis dazimetrinio kartografavimo apribojimas kompensavo geresnę gyventojų skaičiaus modelių vizualizacijos techniką, dėl aukšto laipsnio erdvinio išskaidymo, kuris gali būti pasiektas (Maantay J. A., ir kt..., 2007).



3 pav. Timočka Krajina (Serbija) regiono gyventojų pasiskirstymo žemėlapiai. Spalvinio kodavimo/kiekybinio foto (kairėje), ir dazimetrinis (dešinėje) žemėlapiai (Šaltinis: Bajat B. ir kt., 2011).

Pirmojo žemėlapiu pagrindas yra 2002 metų gyventojų surašymo duomenų poligonai. Tos pačios srities dazimetrinio žemėlapiu kūrimui buvo naudojamas labai paprastas dazimetrinis modelis, pasitelkiant *CORINE 2000* metų žemės dangos duomenis kaip pagalbinius prognozuojančius veiksnius. Pastarasis rodo realesnį erdvinio gyventojų pasiskirstymo vaizdą, todėl šių dviejų žemėlapių skirtumai yra akivaizdūs. Spalvinio kodavimo žemėlapis atspindi fiktyvius rezultatus, kurie ypatingai išskiria 51-100 žm./km² klasę, pažymėtą raudona spalva, kuri iš tikrųjų nėra taip tankiai apgyvendinta kaip pateikiama (Bajat B. ir kt., 2011).

1.2. Dazimetrinio žemėlapiu apibūdinimas

Dazimetrinis žemėlapis (angl. *dasymeric map*) vaizduoja kiekybinius erdvinis/plotinius duomenis, naudojant ribas, dalinančias plotus į santykinio homogeniškumo/vienodumo zonas su geriausiai atspindinčiu pagrindą statistiniu paviršiumi. Dazimetrinis žemėlapis buvo sumanytas kaip teminio žemėlapiu tipas dar XIX amžiaus viduryje, kuomet formavosi šiuolaikinė teminė kartografija. Per savo ankstyvo vystymosi laikotarpį, tiek dazimetriniai, tiek spalvinio kodavimo

žemėlapiai (angl. *choropleth map*) skatino domėjimąsi gyventojų populiacijos kartografavimu. Todėl 1900-aisiais, dazimetriniai ir spalvino kodavimo kartografavimo metodai tapo aiškiau diferencijuotais, su tolimesniu savo populiarumu šiuolaikinėje kartografijoje bei bendrame nediscipliniame naudojime. Tačiau, dazimetrinis kartografavimas išliko palyginti nežinomu daugeliui geografų. Šiandien, pagal pirminę paskirtį, gyventojų dazimetriniai žemėlapiai yra vis dar labiausiai paplitęs tipas (Eicher, Brewer, 2001).

Dazimetrinis kartografavimas remiasi erdvinių duomenų skaidymu/išskyrimu į smulkesnius vienetus, reikalingus analizei, naudojant papildomus (arba pagalbinus) duomenis, siekiant patikslinti teritorijas, vaizduojančias gyventojus ar kitus reiškinius. Šio išskaidymo proceso rezultatas išreiškiamas homogeniškais plotais, į kuriuos bus atsižvelgiama ir, kurie bus labiausiai panašūs į modeliuojamus faktinius reiškinius, o ne plotinius vienetus, paremtus administracinėmis ar kitomis nesankcionuotomis ribomis. Nors paprastai norint gauti geresnius faktinių gyventojų vietų rezultatus, dazimetrinis kartografavimas gali būti naudojamas išskaidyti bet kokią kiekybinį kintamąjį, kuris yra sumuojamas pagal geografinius vienetus, pavyzdžiui administracinių padalinių, įskaitant gyventojų surašymo duomenų vienetus, pašto kodus, apskričių ir policijos nuovadas, aplinkos rajonus, įskaitant vandenskyras/takoskyras, pelkes ar patvinkstančias lygumas (Eicher, Brewer, 2001).

Gyventojų surašymo taškų ribos, pašto kodai pašto paslaugos zonose arba bet kokių kitų administracinių ribų vietos, kurios buvo sukurtos savavališkai ar, kad tiktų kitiems vyriausybiniam tikslams, nebūtinai turi būti susiję su pagrindiniu reiškiniu. Gyventojų skaičius yra paskirstytas tolygiai visose zonose, nors iš tiesų gyventojų pasiskirstymas paprastai yra daug įvairesnis. Tai sukuria klaidas bandant nustatyti tikslas normas geografinės informacinės sistemos (GIS) analizėje, susijusiose su sveikatos tyrimais, nusikaltimų modelių, pavojaus/rizikos vertinimo, žemės naudojimo planavimu ar poveikio aplinkai vertinimu, be kitų, kurie remiasi mažesniais analizės vienetais nei originalios zonos. To pavyzdžiui, poveikio buferiai, kurie kerta gyventojų surašymo išskaičiuotus vienetus arba kitą zonų rinkinį, išvis gali nesutapti su pradiniu rinkiniu (pavyzdžiui, persidengę duomenys iš vienetų su sutampančiomis ribomis ir/ar persidengiančių erdvinių vienetų, tokių kaip gyventojų surašymo masyvai ir policijos nuovados arba sveikatos rajonai) (Eicher, Brewer, 2001).

Nors dazimetrinis kartografavimas buvo naudojimas jau nuo 1800-ųjų pradžios, jis niekada nepasiekė tokio populiarumo, kokį turėjo kiti teminio kartografavimo tipai, ir taip dazimetrinių žemėlapių gamyba nebuvo standartizuota ir kodifikuota taip kaip kitų rūšių teminių žemėlapių. Todėl dazimetriniai metodai lieka labai subjektyvūs, su nenuosekliais kriterijais. Santykinio populiarumo stoka ir standartinės metodikos trūkumas yra priežastis, kodėl taip sunku sukurti

dazimetrinius žemėlapius, ir iki šiol yra sunkumų gaunant reikalingus duomenis, taip pat kaip ir kompiuteriui yra sunkumų juos apdorojant (Maantay J. A., ir kt..., 2007).

Nors dazimetriniai žemėlapiai yra glaudžiai susiję su spalvinio kodavimo žemėlapiams, tačiau jie skiriasi keliais aspektais. Pirmas - zonų ribos dazimetriniame žemėlapyje yra parengtos remiantis nukartografuotais aštriais pokyčiais statistiniame paviršiuje, o spalvinio kodavimo zonų ribos atskiria daugiau bendrams tikslams naudojamus vienetus, pavyzdžiui, JAV – valstijos. Kartografas generuoja dazimetrines zonas, naudodamasis papildoma informacija. Ši informacija gali būti tiek objektyvi, tiek subjektyvi, priklausomai nuo kitų turimų duomenų ir kartografo žinių toje srityje. Antra, atskiros dazimetrinės zonos yra kuriamos vidinio homogenišku pagrindu. Spalvinio kodavimo zonos nėra apibrėžtos remiantis duomenimis, todėl gali būti įvairaus lygio vidinio homogeniškumo/vienodumo. Trečia, spalvinio kartografavimo metodai tapo standartizuotais (įskaitant bendras klasifikavimo sistemas), tačiau daug įvairių dazimetrinių procedūrų vis dar tyrinėjamos (Eicher, Brewer, 2001).

Stebėtinai labai mažai literatūros yra apie dazimetrinius žemėlapius. Teoriniame lygmenyje *MacEachren A. M.* (1994 metai) dazimetrinius žemėlapius įterpė į kontinuumą tarp izopletinių (angl. *isopleth*) ir spalvinio kodavimo (angl. *choropleth*) žemėlapių, siūlydamas, kad dazimetriniai žemėlapiai reprezentuoja duomenis per vidury tarp lygaus ir pakopinio statistinio paviršiaus. Dazimetrinio kartografavimo metodus su GIS realizavo ir *Gerth J.* (1993 metai), *Holloway S. R.*, *J. Schumacher* ir *R. Redmond* (1996 metai) ir *Charpentier M.* (1997 metai), kurie daugiausiai rėmėsi *Wright J. K.* (1936 metai) ir *McCleary G. F. Jr* (1969 metai) darbais ir siūlė pažvelgti į praktinius sunkumus kuriant dazimetrinius žemėlapius naudojant skaitmeninius duomenis (Eicher, Brewer, 2001).

Geografinių informacinių sistemų (GIS) naudojimas moderniam kartografavime atnaujino susidomėjimą dazimetriniu kartografavimu. Tačiau standartizacijos trūkumas gamybos procese išlieka kliūtimi plačiau naudoti dazimetrinius žemėlapius geografinėse informacinėse sistemose (GIS). Be to dauguma gamybos metodų nebuvo tikrinami sisteminiame testavime (Eicher, Brewer, 2001).

1.3. Metodai ir duomenų naudojimas dazimetriniame žemėlapyje

Duomenų perkėlimas iš vienos geografinės zonos rinkinio ar rajono į kitą nesutampančios zonos rinkinį dažnai reikalauja erdvinės analizės. Pavyzdžiui, galima turėti duomenis apie žmones, gyvenančius tam tikroje surašymo vietoje, ir reikia įvertinti žmonių skaičių mažesniame plote tam tikroje vietoje, arba plotą, kuris apima tik dalį tos vietos ir dalį kitos. Galima domėtis gyventojų skaičiumi arba kitais duomenimis takoskyros lygyje ir turėti tik gyventojų skaičiaus duomenis, prieinamus tik gyventojų surašymo vienetuose. Bet kokiam tyrimui, keletas skirtingų tipų duomenų

gali būti renkami skirtingose skalėse ir rezoliucijose, skirtingose erdvinėse vietose ir skirtingais aspektais (Maantay J. A., ir kt..., 2007).

Tipiškas to pavyzdys, kai atsiranda problema, kuomet atliekant erdvinę analizę istorinio gyventojų surašymo duomenų iš įvairių laikotarpių, kurių kiekvienas laiko atžvilgiu skirtusi atributų duomenų rinkiniais, naudojant skirtingus erdvinius duomenis tuo pačiu metu, nes vietos ribos naudojamos sujungti atributų duomenis gali kisti kiekvieną gyventojų surašymo laikotarpį. Kaip galima nustatyti žmonių skaičių, gyvenančių tik toje vietoje arealo dalyje, kur duomenys buvo sujungti, arba toje vietoje, kur zonos, kurių sudėtyje dominantys duomenys nesutampa tarp su kitais duomenų sluoksniais? (Maantay J. A., ir kt..., 2007).

Gyventojų skaičiaus duomenų atskyrimui/diferenciacijai galimi šie metodai:

1. Svertinė arealų interpoliacija (angl. *weighted areal interpolation*);
2. Filtruota svertinė arealų interpoliacija (dvejetainis metodas) (angl. *filtered weighted areal interpolation, binary method*);
1. Žemėnaudos/žemės paviršiaus kaip pagalbinių duomenų filtravimas (angl. *the use of land use/land cover as ancillary data for filtering*);
2. Trijų klasių ir ribojančių kintamųjų metodai (angl. *three-class and limiting variable methods*);
3. Vaizdų tekstūros metodas (angl. „*image texture*” *method*);
4. Statistiniai metodai, tokie kaip metodas paremtas regresija (angl. *statistical approaches, such as regression-based methods*);
5. Euristinė atranka (angl. *heuristic sampling*);
6. Branduolio tankio paviršius naudojant svertinius gyventojų surašymo centroidus (angl. *kernel density surface using weighted census centroids*);
7. Kitų tipų pagalbinių duomenų rinkinių naudojimas, tarkim svertinė gatvių interpoliacija (angl. *the use of other types of ancillary data sets, such as street-weighted interpolation*);
8. Kadastro pagrindo ekspertinės dazimetrinės sistemos metodas (angl. *CEDS method*) (Maantay J. A., ir kt..., 2007).

Arealų interpoliacija (angl. *areal interpolation*). Bendrasis metodas apskaičiuoti diferencijuotas gyventojų reikšmes yra arealų/erdvinė interpoliacija (*interpoliacija* – prognozavimo metodas, kai kintamojo rodiklio reikšmė apytiksliai nustatoma remiantis žinomomis reikšmėmis. Ja siekiama daugelio statistinių ar loginių duomenų pagrindu rasti ir paaiškinti nežinomas tarpines funkcijos reikšmes ar reiškinio charakteristikas) (Interpoliacija, 2017). Šis metodas yra apibrėžiamas kaip duomenų perdavimo iš vieno rinkinio (šaltinio vienetai (angl. *source units*)) į

antrą persidengiantį rinkinį (tikslu vienetai (angl. *target units*)) su nehierarchiniais arealiniais/erdviniais vienetais.

Arealų interpoliacija yra glaudžiai susijusi su dazimetriniu gyventojų tankumo kartografavimu. Pagrindinis skirtumas tarp arealų interpoliacijos ir dazimetrinio kartografavimo yra tai, kad su pastaruoju metodu, duomenys nėra iš naujo apjungiami į norimus skaičiavimo vienetus, taip kaip yra su arealų interpoliacija.

Paprastas arealų interpoliacijos metodas yra kintamųjų verčių svorio nustatymas pagal proporciją, gautą iš santykinų arealų matavimų dviejų tipų zonose (šaltinio ir tikslio). Arealo svoris remiasi prielaida, kad gyventojai (ar kiti kintamieji) yra pasiskirstę tolygiai visoje šaltinio zonoje. Populiacijos dydis kertančioje zonoje (arba tikslinėje zonoje) yra laikomas proporcingu šaltinio zonoje esančiam kiekiui, palyginus su tiksline zona. Arealo santykis iš šaltinio zonos į tikslinę zoną yra uždedamas ant gyventojų šaltinio zonoje, kad gautume kiek gyventojų yra iš viso tikslinėje zonoje.

Zoninės interpoliacijos socialinių ir ekonominių duomenų tyrimuose, *M. F. Goodchild* pažvelgė į tipišką erdvinės analizės problemą naudodamas nesutampančius plotinius vienetus, t.y. 58 Kalifornijos apskritis (šaltinio zonos) ir 12 didžiausių valstybės hidrologinių baseinų (tikslinės zonos). Šių dviejų erdvinių vienetų rinkinių ribos yra didžiaja dalimi nesuderinamos. Socioekonominiai duomenys yra prieinami apskrities lygmeniu, tačiau duomenys, susiję su klausimais apie vandenį, yra renkami remiantis hidrologinių baseinų vienetais, kurie atitinka pagrindines baseinų ribas. Kad galėtų vykdyti svarbų ekonominio poveikio tyrimą, dėl vandens naudojimo ir politikos, kintamieji, pavyzdžiui užimtumas, pajamos ir gyventojai turėtų būti perkelti iš apskričių erdvinių vienetų į hidrografinius regionus. Tam pasiekti *M. F. Goodchild* panaudojo tiesioginį ploto svertinį koeficientą, darant prielaidą, kad tankumas šaltinio zonose (apskirtyse) buvo vienodas. Vėliau lyginant rezultatus svertinio arealų metodo su kitais metodais naudojant statistinius metodus, nustatė, kad arealų svoris turėjo daug didesnę vidutinę procentinę paklaidą nei kitų metodų atvejais.

Vienas iš pagrindinių paklaidų šaltinių svertiniam arealų metode yra tas, kad paprastai gyventojai yra netolygiai pasiskirstę per geografinį vienetą, pavyzdžiui, apskritis. Tam įtakos turi daug dalykų: dideli zonos plotai gali būti netinkami gyventi dėl parkų, vandens telkinių ar pramonės rajonų egzistavimo; arba zona gali būti sudaryta iš labai skirtingų apgyvendinimo teritorijų – viena dalis zonos gali turėti daugiaaukščių būstų projektų, o kita dalis gali būti su nuosavų namų kompleksais, skirtais tik vienai šeimai. Todėl, turint geresnį būdą išskaidyti duomenis, o ne darant prielaidą dėl homogeniškumo, turėtų padėti suteikti tikslesnius gyventojų skaičiaus duomenis pasirinktose/tikslinėse srityje (Maantay J. A., ir kt..., 2007).

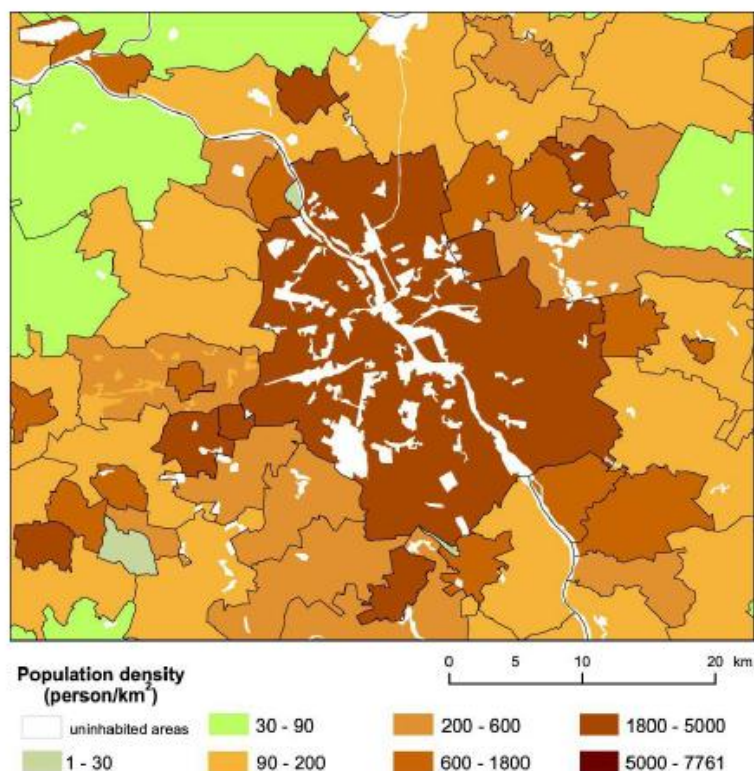
Filtruotas arealų svoris (dvejetainis metodas) (angl. *Filtered Areal Weighting (Binary Method)*). Daugelyje ankstesnių dazimetrinio kartografavimo tyrimų buvo naudojamas arealo svoris kaip atskaitos taškas, pridėdant papildomą duomenų filtravimo stadiją, naudojant pagalbinį duomenų rinkinį. Pagalbiniai duomenys labai dažnai susideda iš žemėnaudos (angl. *land use*) ir žemės paviršiaus (angl. *land cover*) duomenų, kurie nurodo kur yra netinkami gyventi plotai, tam, kad būtų galima juos pašalinant ir paskirstyti likusius gyventojus likusiose srityse. Paprasčiausias iš šių metodų yra dvejetainis metodas (angl. *binary method*), kuris naudoja nuotoliniu būdu gautus duomenis arba žemės paviršiaus bei žemėnaudos poligonų duomenis kaip filtrą arba perdangą (angl. *mask*) į norint pašalinti netinkamus gyventi plotus. Šis metodas laikomas dvejetainiu, nes žemės teritorija yra skirstoma į gyvenamą ir negyvenamą. Pavyzdžiui negyvenama teritorija yra parkai, vandens telkiniai, kapinės, pramoniniai parkai ir panašiai.

2004 metais buvo tiriami įsilaužimai centrinėje Masačusetso dalyje, kur tyrėjai norėjo parodyti įsilaužimų į gyvenamuosius namus pasiskirstymo rodiklius (angl. *rate*), pasitelkdami būstų skaičių kaip vardiklį ir įsilaužimų į gyvenamuosius namus skaičių kaip skaitiklį. Naudojantis būstų duomenimis iš visuotinio surašymo duomenų privedė prie klaidinančių rodiklių, nes būsto vienetai nebuvo tolygiai pasiskirstę surašymo blokuose. Naudojant gyvenamosios žemės naudojimo ir zoninį sluoksnį kaip perdangą, negyvenamos teritorijos būtų pašalintos iš lygties, taip rodikliai gali būti grindžiami galimų vagysčių tikslų t.y. gyvenamųjų būstų bei įsilaužimų savivaldybėje skaičiumi. Žemėnaudos duomenys yra klasifikuojami priskiriant 1 reikšmę gyvenamoms gardelėms (angl. *cells*) ir 0 visiems kitiems elementams, taip sukuriant perdangą. Ši perdanga yra naudojama izoliuoti gyvenamuosius rajonus savivaldybėse. Šaltinio ir tikslinės zonos padaugintos su perdanga pašalinant elementus, kurie nepatenka į gyvenamąsias teritorijas.

Nors filtruotos svertinės arealų interpoliacijos metodo rezultatas yra daug geresnis nei paprastos arealų interpoliacijos, tačiau šis metodas vis dar turi nemažai trūkumų. Pavyzdžiui, visos gyvenamųjų plotų teritorijos neturi tokio pat tankumo kaip gyvenamieji būstai ar gyventojai, bet filtruotos teritorijos svertinis leidžia daryti prielaidą, kad visi gyvenamieji rajonai yra homogeniški tankio atžvilgiu. Be to, negyvenamos teritorijos dažnai taip pat turi gyventojų, kurie dvejetainio metodo metu yra visiškai eliminuojami. Yra siūloma prie šio lankstaus metodo jungti kitus metodus, nes bendrame rezultate tikimasi realesnio tankio vaizdavimo.

Varšuvos centrinės teritorijos pavyzdys. Dirbant su įvairiomis žemės paviršiaus klasėmis, pagrindinis klausimas yra kaip teisingai paskirstyti populiaciją tarp šių klasių, todėl dažniausiai naudojama yra dvejetainė technika, kur visos klasės yra apibūdinamos kaip apgyvendintos arba ne, taip perskirstant gyventojų skaičių. Šis metodas išlieka lengviausiai pritaikomas. Pasirinkta Lenkijos teritorija turėjo 31 skirtingą žemės paviršiaus dangos klasę, iš kurių apgyvendintos buvo tik 19. Populiacijos tankis dvejetainiame dazimetriniame metode apskaičiuojamas dalijant gyventojų

skaičių savivaldybėje iš apgyvendintos jos dalies. Rezultatas parodytas žemiau pateiktame paveikslėlyje (Bielecka E., 2007.).



4 pav. Varšuvos centrinės teritorijos dažimetrinis gyventojų tankumo žemėlapis. Dvejetainis metodas (Šaltinis: Bielecka E. 2007.)

Žemėnauda/žemės paviršius kaip pagalbiniai duomenys (angl. *land use/land cover as ancillary data*). Nors žemėnaudos poligono vektoriniai duomenų rinkiniai kartais buvo naudojami kaip filtravimo sluoksnis, daugumoje dažimetrinių tyrimų yra naudojami palydovų rastriniai duomenys, norint nustatyti negyvenamas vietas ir/arba klasifikuoti apgyvendintas vietas pagal gyventojų tankį. Tam mokslininkai sukūrė pasaulio gyventojų duomenų bazę, kuri skirta kaupti palydovinius vaizdus, kurie būtų kaip indikatoriai gyventojų tankumui tirti. Ši duomenų bazė yra žinoma *LandScan* pavadinimu, o palydoviniai vaizdai joje turi mažiau nei 1 km erdvinę rezoliuciją. Šis metodas kartais gali būti net būtinas arba pakankamas dirbant su smulkaus mastelio teritorijomis – žemynais, šalimis, valstijomis ar dideliais regionais. Mažiau tinkamas dirbant su didmiesčiais, apskritimis, vietinėmis bendruomenėmis ir kitomis stambaus mastelio sritimis.

Labai urbanizuotose srityse, žemės paviršiaus duomenys, gauti iš palydovų, negali suteikti pakankamai tikslių duomenų norint gauti tikrąjį gyventojų tankumą. Taip yra dėl apribojimų pikselių rezoliucijose ir pikselių įvairiškumo, heterogeniškumo miestuose. Be to, naudojant nelaidžius paviršius ir kitus fizinius ar morfometrinius kintamuosius kaip interpretuojamą palydovinių vaizdų medžiagą, kaip urbanizacijos laipsnio ir urbanizacinės plėtros mastą, gali

atsirasti neteisingos gyventojų tankumo klasifikacijos. Pavyzdžiui, pramonės ir komercinės teritorijos paprastai turi labai didelį kiekį nelaidžių paviršių ir dėl to yra klasifikuojama kaip labai urbanizuota. Naudojant šias palydovinių vaizdų interpretacijas, šie plotai skaičiuojami kaip sritys turinčios labai didelį gyventojų tankumą, kas paprastai būna netiesa.

Pagrindiniai trūkumai naudojant nuotolinio stebėjimo vaizdus bei norint sudaryti tikslaus tankumo gyventojų žemėlapius – jis yra labai *brangus*, reikalauja labai didelio duomenų saugojimo, apdorojimo bei skaičiavimo/matavimo pajėgumo, taip pat turi silpnybių klasifikavime, kuris yra naudojamas atskirti gyvenamuosius rajonus nuo negyvenamųjų (Maantay J. A., ir kt..., 2007).

Trijų klasių ir ribojančių kintamųjų metodai (angl. *three-class and limiting variable methods*). Dvejtainio metodo patobulinimą apima ir trijų klasių (arba procentinės klasės (angl. *class percent*)) bei ribojančių kintamųjų metodas. Trijų klasių metode procentai yra taikomi trims (ar daugiau) pagrindinėms žemėnaudos kategorijoms tame plote, kuris reprezentuoja tikėtiną gyventojų tankumą (arba kitokius kintamuosius) kiekvienoje žemėnaudoje tame rajone. Pavyzdžiui, jei yra nurodyta, kad trys pagrindinės žemėnaudos kategorijos yra miesto, žemės ūkio/sodinto miško (angl. *woodland*)/priemiesčio ir miškinga (angl. *forested*), procentai gali būti 70, 20 ir atitinkamai 10. Tokiu atveju galima tikėtis, kad per tam tikrą geografinį vienetą, pavyzdžiui, apskritį, 70 procentų gyventojų būtų priskirta poligonams, kurie būtų miesto/urbanizuotoje kategorijoje, 20 procentų žemės ūkio poligonams ir taip toliau. Šie procentai gali varijuoti priklausomai nuo interesų tose teritorijose ir taikomų numanomų sąlygų jose bei pasirinktos analizės.

Procentų priskyrimas yra gana subjektyvus dalykas, nes jis nesiremia statistiniais duomenimis. Be to pagrindinė trijų klasių metodo silpnybė yra tai, kad jis neatsižvelgia į kiekvieną konkrečią žemėnaudą kiekvienoje apskrityje. Blogiausiu atveju kiekviena apskritis turėtų vieną arba du mažus miesto poligonus (arba tinklo langelius/gardeles, jei yra naudojami rastiniai duomenys). Šie poligonai vis tiek turėtų tuos 70 procentų (apskrities mastu) duomenų, sudarydami vaizdą, kad miestų teritorijos toje apskrityje yra neįprastai didelio tankio, kai kitos, žemėnaudos teritorijos, turėtų mažesnius tankius. Iš šio metodo daroma prielaida, kad kiekviena žemėnaudos klasė turi būdingą gyventojų tankį. Tačiau šio metodo problema yra ta, kad nors tarp žemėnaudos klasių iš tiesų yra pripažintas skirtumas, bet pačioje žemės naudojimo klasėje skirtumai yra ignoruojami. Ne visi gyvenamieji plotai turi tą patį gyventojų tankumą, ką jau įrodė skirtumai tarp atskiro/nuosavo ir daugiaaukščio būsto.

Ribojančių kintamųjų metodas išplečia trijų klasių metodą, nustatant ribines tankumo normas gyventojų pasiskirstymui įvairiuose žemėnaudos poligonuose (arba gardelėse). Duomenys yra paskirstomi kiekviename vienetė pagal paprastą zoninį koeficientą/svertinį, o tada yra pritaikomos limituojančios ribos. Aukščiausi tankių limitai yra nustatomi naudojantis duomenimis

iš geografinių vienetų, turinčių tik vieną klasę tose žemėnaudos ribose. Iš visų šių geografinių vienetų duomenys yra sureitinguojami ir tam tikra procentinė dalis yra paskirta tam tikrai klasei apriboti. Jei kuris nors žemėnaudos poligonas viršija nustatytus limitus savo žemėnaudos klasėje, gyventojų perteklius yra *pašalinamas* ir paskirstomas į kitiems žemėnaudos poligonams tame geografiniame vienetė. Šio metodo problema (taip pat kaip ir su trijų klasių metodu) yra ta, kad nors yra žinomas reikšminis tankumo skirtumas tarp žemėnaudos klasių, yra tikėtina, kad toks pats ryškus skirtumas bus ir su bet kuriomis žemėnaudos klasėmis, todėl šis metodas neskirtas išspręsti vidinius žemėnaudos klasių skirtumus. Be to, jeigu imties dydis iš vienalytės/mono geografinio vieneto klasės yra naudojamas nustatyti ribines vertes yra mažas, tai tarpklasė gyventojų tankumo dispersija bus labai didelė, gali blogai reprezentuoti apskaičiuotas gyventojų tankumo reikšmes tai klasei, tuomet rezultate gautūsi netikslus dazimetrinis žemėlapis/kartograma. (Maantay J. A., ir kt..., 2007).

Vaizdų tekstūros metodas (angl. „*image texture*” *method*), tai dar vienas metodas, kuriam naudojamos labai aukštos erdvinės skiriamos gebos (angl. *high spacial resolution*) palydoviniai vaizdai, norint apskaičiuoti gyventojų skaičių remiantis vaizdo tekstūra. Ne taip kaip anksčiau aptartuose metoduose, kur yra naudojamos žemėnaudos kategorijos kaip pakaitalas gyventojų tankumui, šis metodas nagrinėja gyventojų skaičiaus tankumą iš visuotinio surašymo ir vaizdo tekstūros koreliaciją. Erdviniai vienetai, kurie yra vadinami homogeniškais urbanizuotais plotais (angl. *Homogeneous Urban Patches (HUP)*) yra gaunami naudojant tekstūrinio pagrindo vaizdo segmentaciją, kuri maksimaliai padidina skirtumus tarp plotų, bet sumažindama vidinius plotų skirtumus.

Skirtingai nuo kitų erdviųjų vienetų, naudojamų gyventojų suskaičiavimui iš palydovinių vaizdų, tokių kaip branduolio (angl. kernel) langas ar pikseliai, HUP sudaro realius netaisyklingos formos vienetus, kurių kiekvienas turi panašią vidinę charakteristiką. Erdvinės metrikos yra naudojamos charakterizuoti kiekvieno HUP tekstūrą, atsižvelgiant į tokius veiksnius kaip ploto tipų įvairovė ir gausa kiekviename HUP vienetė, erdvinius plotų išsidėstymus, pozicijas ar orientaciją kiekviename HUP; ploto tankumą, ryšius ir plotų plitimą; ir susiskaidymo laipsnį, panašų į kraštovaizdžio ekologijos tyrimuose. X. Liu tyrime, iš devynių analizuotų erdviųjų metričių, tik trys parodė reikšmingą koreliaciją – užstatytos teritorijos procentas, augmenijos procentas ir ploto užstatymo tankumas. Nors buvo parodyta koreliacija tarp vaizdo tekstūros ir gyventojų tankumo, ji nebuvo pakankamai patikima vaizduojant gyventojų pasiskirstymą. Šis tyrimas parodė, kad palydoviniai vaizdai iš tiesų gali padėti įvertinti gyventojų tankumą, tačiau koreliacija gali būti nepakankama empiriniams pareiškimams (Maantay J. A., ir kt..., 2007).

Statistiniai metodai, tokie kaip metodas paremtas regresija (angl. *statistical approaches, such as regression-based methods*). Dazimetriniam kartografavimui tyrėjai daugiausiai

naudoja statistinius metodus, pavyzdžiui, iš ploto į taškus erdvinę interpoliaciją (angl. *area-to-point spatial interpolation*), taip pat regresija paremtus būdus koreliuoti gyventojų tankumo klases su žemėnaudos/žemės paviršiaus duomenimis. E. Bielecka 2005 metais parengė šiaurės Lenkijos dazimetrinį žemėlapi, naudodama modifikuojamo arealo svartinio metodą (angl. *modifying areal weighted method*), kuris reiškia, kad santykis tarp gyventojų tankumo ir dviejų žemės paviršiaus kategorijų yra vienodas bet kurioje duotoje komunoje (vietiniame administraciniame suskirstyme). Pagalbiniai duomenys buvo *CORINE* žemės paviršiaus duomenų bazės, poligoniniai (vektoriniai) erdviniai duomenys gauti iš palydovinių nuotraukų vizualinės interpretacijos, kuri sudarė 31 žemės paviršiaus dangos klasę Lenkijoje. Regresijos modelis buvo naudojamas siekiant rasti ryšius tarp žemės paviršiaus klasių ir gyventojų tankumo kiekvienoje komunoje. Rezultate buvo šešios gyventojų tankumo-žemėnaudos kategorijos, o koeficientai buvo sukurti svarinei populiacijai žemės paviršiaus kategorijoje (koeficientai apskaičiuojami kartotiniu būdu). Lyginant sumodeliuotą populiaciją ir populiaciją iš statistinių duomenų, matyti, kad jie yra beveik tokie patys. Tačiau koeficientai atrodo per dideli miesto komunoms ir per maži kaimo vietovėms. Be to, potencialaus tikslumo klausimui, regresijos analizės paprastai atliekamos siekiant įvertinti zoninius svorius yra gana sudėtingos, palyginti su tradiciniais dazimetriniais metodais (Maantay J. A., ir kt..., 2007).

Euristinė atranka (angl. *heuristic sampling*). J. Mennis 2003 metais atliko tyrimą su penkių apskričių sritimi Pensilvanijoje. Jis panaudojo dazimetrinį kartografavimą, arealų svorius (angl. *areal weighting*) ir empirinę atranką, paremtą palydoviniais duomenimis sugeneruotu paviršiumi, kuris reprezentuoja gyventojų pasiskirstymą, nepriklausantį nuo ankstesnių arealo vienetų agregacijos. Šis euristinės atrankos metodas nagrinėja ankstesnių metodų trūkumas – trijų klasių metodą perkelia į aukštesnį tikslumo lygį, tuo pačiu sumažindamas to metodo subjektyvumą. Kiekvienai populiacijos bloko grupei (angl. *census block group*) buvo priskirta tam tikra tinklo gardelė, paremta paviršiaus pagrindu, atsižvelgiant į du faktorius: 1) santykinį gyventojų tankumo skirtumą tarp trijų urbanizacijos klasių (mažos, didelės ir neurbanizuotos); 2) procentinę ploto dalį, kurią užima kiekviena bloko grupė, kiekvienoje iš trijų urbanizacijos klasių. Gyventojų skaičiaus vertės kiekvienoje iš urbanizacijos klasių buvo atrinktos empiriškai, kas sumažino gyventojų pasiskirstymo procentų subjektyvumą tam tikrose pagalbinėse klasėse (žemėnaudos arba žemės paviršiaus). Plotu grįsti svoriai išsprendė skirtumus tarp pagalbinių duomenų klasių tam tikrame duotame zoniniame vienetė. Atrankos proceso metu pasirinktos visos bloko grupės, esančios kiekvienoje urbanizuotoje klasėje, surastos jų bendras gyventojų skaičius ir plotas, ir apskaičiuotas jų apibendrintas gyventojų tankis. Ši dalis/frakcija nustatyta kiekvienai klasei buvo vėliau pakeista pagal bendrą kiekvienos klasės užimamą plotą per bloką, naudojant ploto santykį išvestą iš ploto svorio.

Nors J. Mennio tyrimas reprezentuoja patobulėjimą dazimetriniuose kartografavimo metoduose, tačiau tankiai apgyvendintose teritorijose rezultatai nėra pakankamai išsamūs, ypačiai miesto planavimo ir analizės tikslams/klausimams. Priemiesčių ir kaimo gyventojų rezultatai yra išsamesni ir tikslesni nei vektorinių žemėlapių, pagamintų iš surašymo blokų grupių duomenų. Tačiau, jo rezultatai labai urbanizuotose pagrindinėse srityse žymiai nesiskiria nuo vektorinių blokų grupių žemėlapių, nes egzistuoja didelis vidinės bloko grupės variantas urbanizacijos klasėje. Galima teigti, kad viduje bloko grupės kitimas nebus atskleistas labiausiai urbanizuotose gyventojų tankumo klasėse naudojant šį metodą ir duomenis (Maantay J. A., ir kt..., 2007).

Branduolio tankio paviršius naudojant svertinius gyventojų surašymo centroidus (angl. *kernel density surface using weighted census centroids*). Daug susijusių paviršiaus generavimo metodų ir šių metodų patobulinimų yra naudojami sumodeliuoti populiacijos paviršių, naudojantis branduolinio tankio vertinimu. Užuo kartografavus populiaciją zonomis, pavyzdžiui, gyventojų surašymo rajonais, šis metodas reikalauja sukurti gyventojų tankumą interpoliuojant gyventojų skaičių, pagrįstą populiacijos-svertinio skaičiavimu rajono centroide, taip kaip Jungtinės Karalystės surašymo duomenyse. Branduolio langas (angl. *kernel window*) persikelia per gardeles, kurios sudaro šiuos centroidus, o gyventojų skaičius kiekviename centroide yra paskirstomas į branduolio lango gardeles, nutolimo/slopinimo modeliu. Pirmiems taikant šį metodą teko susidurti su šio metodo trūkumu – paviršiaus gyventojų skaičius ne visada yra pridodamas teisingai zoniniuose surašymo duomenyse.

Vėliau tai buvo pakeista taip, kad turis būtų išlaikytas kokybiškai, o branduolio langas pasiskirstęs iš kiekvieno centroido tik į gardeles, kurios atitiktų centroido originalias zonines ribas. Naudojamų gardelių dydžiai svyravo nuo 50 iki 200 metrų, nors 200 metrų gardelės buvo laikomos pernelyg grubios rezoliucijos daugumoje urbanizuotų išskaičiuotų rajonų. Netgi 50 metrų gardelė dažnai per didelė mažiausiems rajonams, todėl nėra tinkamai atstojanti gyventojų pasiskirstymo niuansus tankiausiose miesto dalyse, kurios paprastai mažus rajonus. Tačiau, šis paviršiaus tankumo modelis atkartoja esminę populiacijos formą mieste ir rodo pagrindines neapgyvendintas teritorijas – kapines, pramonės sritis, komercinius rajonus (Maantay J. A., ir kt..., 2007).

Kitų tipų pagalbinių duomenų rinkinių naudojimas, tarkim svertinė gatvių interpoliacija (angl. *the use of other types of ancillary data sets, such as street-weighted interpolation*). Miesto klausimų analizės dažnai reikalauja labai išsamių duomenų apie gyventojų pasiskirstymą, jeigu nori pasiekti reikšmingus rezultatus. Anksčiau minėti metodai pirmiausiai remiasi žemėnauda/žemės paviršiaus duomenimis, kurie nėra patvirtinti kaip išsamūs/detalūs miesto analizių tikslams.

Tyrimuose yra naudojami gatvių ir kelių tinklai kaip pagalbinius apytikrės populiacijos ir būstų vienetų tankio paviršių, surašymo rajonuose apskrityje. Tuomet yra atliekama klaidos analizė,

lyginant gatvės svertinio metodą su tradiciniu arealo svertiniu. Gatvės svertinio metodas dažniausiai pasiteisina geresniu rezultatu, nei paprasto arealų svorio metodu. Tačiau, nors gatvės apkrovimo būdas sumažina daugumą klaidų, lyginant su plotų apkrovos metodu tose srityse, kur gyventojų trūkumas atsispindi kelių trūkume ir labiau išvystytose srityse (pavyzdžiui, pramonės rajone), tačiau negyvenamos aplinkos transporto infrastruktūra.

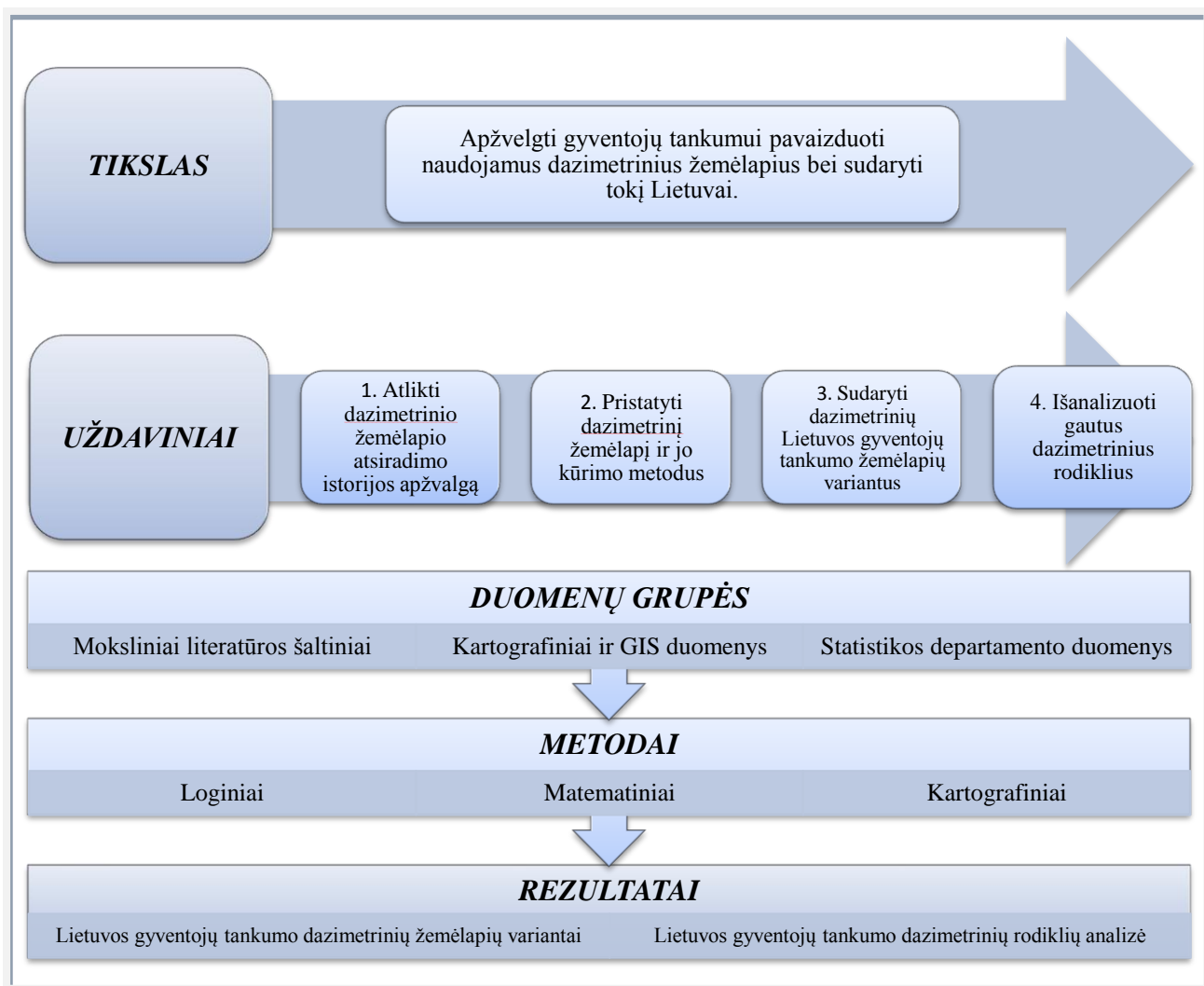
Naudojant tik vektorinius duomenų rinkinius, šis metodas pašalina būtinumą analitikui būti susipažinusi su duomenų apdorojimu ir palydovinių vaizdų interpretavimu bei rastrų ir vektorių duomenų rinkinių integravimu, padarydamas dazimetrinį kartografavimą labiau prieinamą demografams, miestų planuotojams, aplinkosaugos vadovams ir kitiems asmenims, kurie su vektoriniais duomenų rinkiniais yra labiau susipažinę ir turintys patirties su GIS, nei su palydovinių vaizdų duomenimis. Toks yra šio metodo privalumas, nes anksčiau arealų svorių metodologija buvo dažniausiai naudojamas metodas tų, kurie dirbdavo su vektoriniais duomenimis, o gatvių svorių metodas yra patobulinimas. Tačiau gatvių svertinis metodas atrodo mažiausiai patikimas labiausiai rūpimose miesto sričių analizėse – tankumo pasiskirstyme nevienalytėse svarbiausiose miesto srityse (Maantay J. A., ir kt..., 2007).

Kadastro pagrindo ekspertinės dazimetrinės sistemos metodas (angl. *Cadastral-based Expert Dazymetric System (CEDS) method*). Šiam metodui yra pasitelkiami kadastriniai duomenys kaip pagalbiniai. Šie duomenys yra naudojami surašant nuosavybės ribas, turtinę nuosavybę, turto vertinimą ir nekilnojamo turto mokesčius. Duomenys paprastai yra organizuojami miestelių, savivaldybių ar apskričių mastu, rečiau metropoliniuose regionuose. Tačiau, daugelyje pasaulio šalių surašymo ir kadastro duomenys gali būti nelabai lengvai prieinami, atnaujinti arba tikslūs. Miesto teritorijose mažiau išsivysčiusiose šalyse dažnai nevykdo surašymų ir nėra duomenų su kuriais būtų galima dirbti miesto planavimo klausimais. Net jeigu duomenys yra, dėl didelio populiacijos augimo, šie miestų surašymo duomenys labai greitai tampa netikslūs, pasenę. Dėl to palydovinių vaizdų duomenys yra dažniausiai naudojami dazimetriniame kartografavime – jie yra lengvai prieinami beveik visame pasaulyje ir nėra pasenę, dažnai atnaujinami. Vis dėl to miesto aplinka dažnai laikoma per daug sudėtinga, kad būtų analizuojama nuotoliniais būdais, o kartais ir palydovų jutiklių rezoliucija būna ne itin tinkama tokiems tyrimams. Miestuose, kur surašymo ir kadastro duomenys yra prieinami, CEDS metodas būtų geriausias variantas. Pavyzdžiui, savivaldybėse, kur nekilnojamo turto mokesčių įrašai yra susiję su skaitmeninėmis bazėmis (pvz.: JAV), reikalingi kadastriniai duomenys šiam tyrimui turėtų būti prieinami. Tačiau, šie duomenys gali būti pateikiami plačiai visuomenei mokamai, nors tai vis tiek būtų pigiau, nei gauti aukštos rezoliucijos palydovinius vaizdus ekvivalentčius erdviniam mastui (Maantay J. A., ir kt..., 2007).

2. DARBO METODOLOGIJA

2.1. Darbo rengimo metodika

Darbo rengimo eiga yra iliustruota schemeje po šiuo tekstu (5 pav.). Apibrėžus tyrimo objektą ir suformulavus darbo tikslą buvo išskirti 4 uždaviniai, o šiems uždaviniams spręsti buvo surinkti duomenys bei sugrupuoti, išskiriant 3 pagrindines grupes – moksliniai literatūros šaltiniai, kartografiniai ir GIS duomenys bei Lietuvos statistikos departamento duomenys. Atsižvelgiant į duomenų grupių skirtumus, joms analizuoti reikėjo skirtingų analizės metodų - loginių, matematinių, kartografinių. Galiausiai pateikti darbo rezultatai, sudarytas Lietuvos gyventojų tankumo dazimetriniai žemėlapiai, išanalizuoti dazimetriniai rodikliai ir Lietuvos gyventojų tankumo ypatumai.

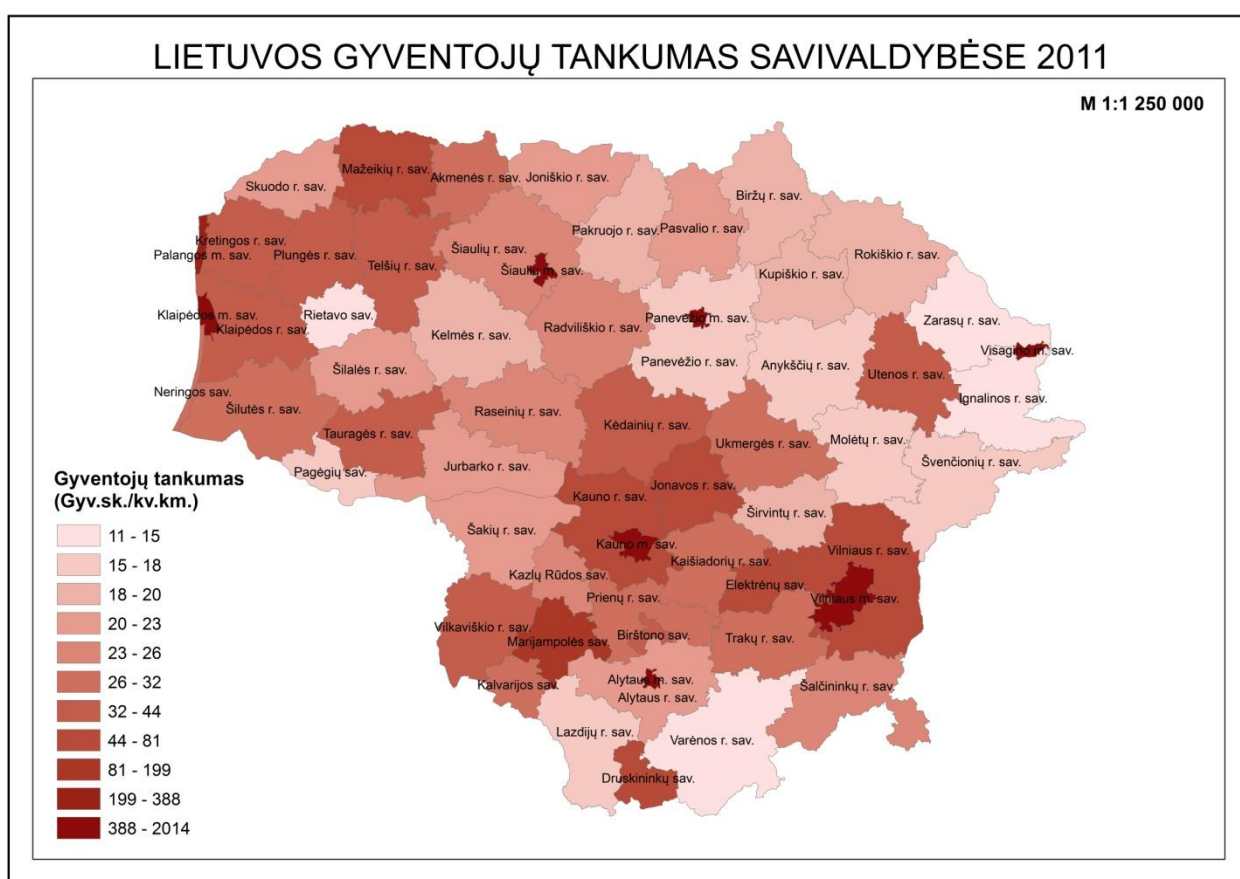


5 pav. Metodologinė darbo schema.

2.2. Darbe naudoti duomenys

Statistikos departamento duomenys

Šiame darbe buvo naudojami Lietuvos gyventojų statistiniai duomenys, gauti iš Lietuvos statistikos departamento internetinės svetainės. Svetainėje galima rasti specifinės informacijos susijusios su šalies ekonomika ir visuomenės raida (Nuolatinų gyventojų skaičius..., 2018). Dazimetriniam kartografavimui pasirinkti Lietuvos Respublikos 2011 metų visuotinio gyventojų ir būstų surašymo rezultatų duomenys, kurie buvo pateikti savivaldybių (žr. 6 pav.) bei gardelių tinklelio lygmenyse (žr. 7 pav.) (Gis duomenys, 2017).



6 pav. Lietuvos gyventojų tankumas savivaldybėse 2011.

Geoerdvinių duomenų tinkleliai sudaryti suskaidžius visą Lietuvos Respublikos teritoriją į vienodo dydžio plotus – gardeles. Kiekvienoje gardelėje pateiktos agreguotos surašymo metu apie ją jas patekusius būstus/gyventojus gautos statistinių duomenų reikšmės.

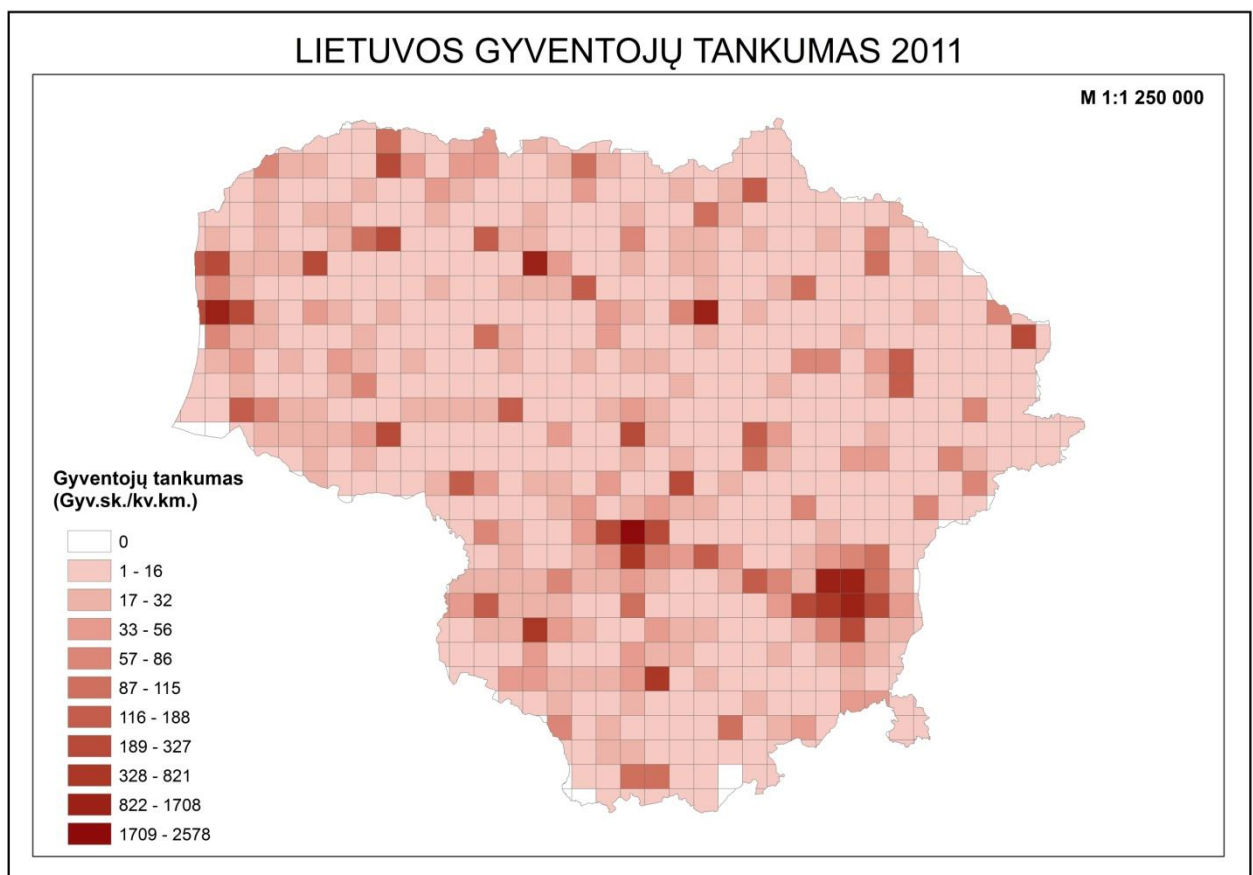
Svetainėje siūlomų tinklelių dydžiai ir aprėptis:

- 10 km x 10 km (apima visą Lietuvos Respublikos teritoriją);
- 5 km x 5 km (apima visą Lietuvos Respublikos teritoriją);

- 2,5 km x 2,5 km (apima visą Lietuvos Respublikos teritoriją);
- 1 km x 1 km (apima visą Lietuvos Respublikos teritoriją);
- 500 m x 500 m (apima Lietuvos Respublikos 103 miestų teritorijas);
- 250 m x 250 m (apima Lietuvos Respublikos 103 miestų teritorijas);
- 100 m x 100 m (apima Lietuvos Respublikos 5 didžiųjų miestų savivaldybių teritorijas (Vilniaus m. sav., Kauno m. sav., Klaipėdos m. sav., Šiaulių m. sav., Panevėžio m. sav.)) (Gis duomenys, 2017).

Šiam darbui buvo pasirinktas 10km x10km gardelių tinklas („GRID10000“), nes siekiant išvengti skaičiavimo ir įrankių naudojimo klaidų, reikėjo tinklelio dengiančio visą Lietuvos teritoriją ir turinčio gyventojų skaičių reikšmes skaitine išraiška, be papildomų simbolių.

Tinklelio gardelės identifikuojamos („GRID_ID“), nurodant gardelės dydį ir pirmus pietvakarinio gardelės kampo X ir Y koordinatų 5 skaičius. Gardelės dydis nurodomas kilometrais.



7 pav. Lietuvos gyventojų tankumas 2011. Tankumas pateiktas 10km x 10km gardelėse, remiantis 2011 metų gyventojų surašymo duomenimis.

Statistiniai rodikliai gardelėse:

- Gyventojų skaičius – surašymo metu buvo surašomi nuolatiniai gyventojai, t.y. asmenys, nuolat gyvenantys Lietuvoje arba Lietuvos Respublikos gyventojai, esantys užsienyje iki vienu metų.
- Gyventojų tankis gardelėje - gyventojų skaičiaus gardelėje ir gardelės ploto santykis (gyventojų skaičius/1 km²) (Gis duomenys, 2017).

GDR10LT

Kartografiniai ir GIS duomenys naudoti darbe - Lietuvos Respublikos teritorijos M1:10 000 (toliau GDR10LT) georeferencinis duomenų rinkinys, kaupiamas nuo 1994 metų Lietuvos koordinacijų sistemoje LKS-94 ir Lietuvos valstybinėje aukščių sistemoje LAS07.

Iš šio rinkinio žemėlapiu pagrindui pasirinktas sluoksnis „*PLOTAI*“ – plotinio tipo sluoksnis, kuriame saugoma informacija apie žemės naudmenų ir vandens telkinių dengiamas teritorijas. Šiame sluoksnyje yra erdviniai objektai su jiems priskirtais kodais (atributų lentelėje - „*GKODAS*“), pagal kuriuos galima žinoti, kokia tai teritorija. Taigi, atsižvelgus į šio duomenų rinkinio specifikaciją buvo simbolizuotos tokios plotų klasės:

- Baltijos jūra, Kuršių marios (hd5);
- Buferiai nuo kelių (gt12, gt14, gt15, gt16, gt18, gt19, gt2);
- Buferiai nuo upių (hd21, hd22, hd23);
- Dirbama žemė (sd11);
- Durpynai (ed0);
- Ežerai (hd3);
- Gamybinės teritorijos (pu3);
- Ganyklos arba pievos (sd2);
- Kapinės (vp1).
- Karjerai (ek0);
- Kūdros ir kiti nepratenkančios vandens telkiniai (hd4);
- Medžių juostos (mj0);
- Medžių, krūmų želdiniai ir žėliniai (sd15);
- Miškai (ms0);
- Miškingos pelkės (ms0hd6);
- Nenaudojama žemė (sd4);
- Oro uostai (va1);
- Pakilimo takai (va11);

- Pelkės (hd6);
- Sąvartynai (vg1, vg2, vg3);
- Smėlynai (sd42);
- Sodai (ms4);
- Sraigtasparnių aikštelės (va12);
- Stadionai ir sporto aikštynų kompleksai (vk1);
- Tvenkiniai (hd9);
- Upeliai, kanalai, drenažo grioviai (hd2);
- Upės (hd1);
- Užstatytos teritorijos (pu0);

Iš šių klasių potencialo gyventojų pasiskirstymui neturi šios teritorijos:

- Baltijos jūra, Kuršių marios (hd5);
- Durpynai (ed0);
- Ežerai (hd3);
- Kūdros ir kiti nepratenkančios vandens telkiniai (hd4);
- Medžių juostos (mj0);
- Miškingos pelkės (ms0hd6);
- Pelkės (hd6);
- Tvenkiniai (hd9);
- Upeliai, kanalai, drenažo grioviai (hd2);
- Upės (hd1);

Iš šių klasių potencialą apgyvendinti ar gyventojų pasiskirstymui turi šios teritorijos:

- Buferiai nuo kelių (gt12, gt14, gt15, gt16, gt18, gt19, gt2);
- Buferiai nuo upių (hd21, hd22, hd23);
- Dirbama žemė (sd11);
- Gamybinės teritorijos (pu3);
- Ganyklos arba pievos (sd2);
- Kapinės (vp1).
- Karjerai (ek0);
- Miškai (ms0);
- Medžių, krūmų želdiniai ir žėliniai (sd15);
- Nenaudojama žemė (sd4).

- Oro uostai (va1);
- Pakilimo takai (va11);
- Sąvartynai (vg1, vg2, vg3);
- Smėlynai (sd42);
- Sodai (ms4);
- Sraigtasparnių aikštelės (va12);
- Stadionai ir sporto aikštynų kompleksai (vk1);
- Užstatytos teritorijos (pu0);

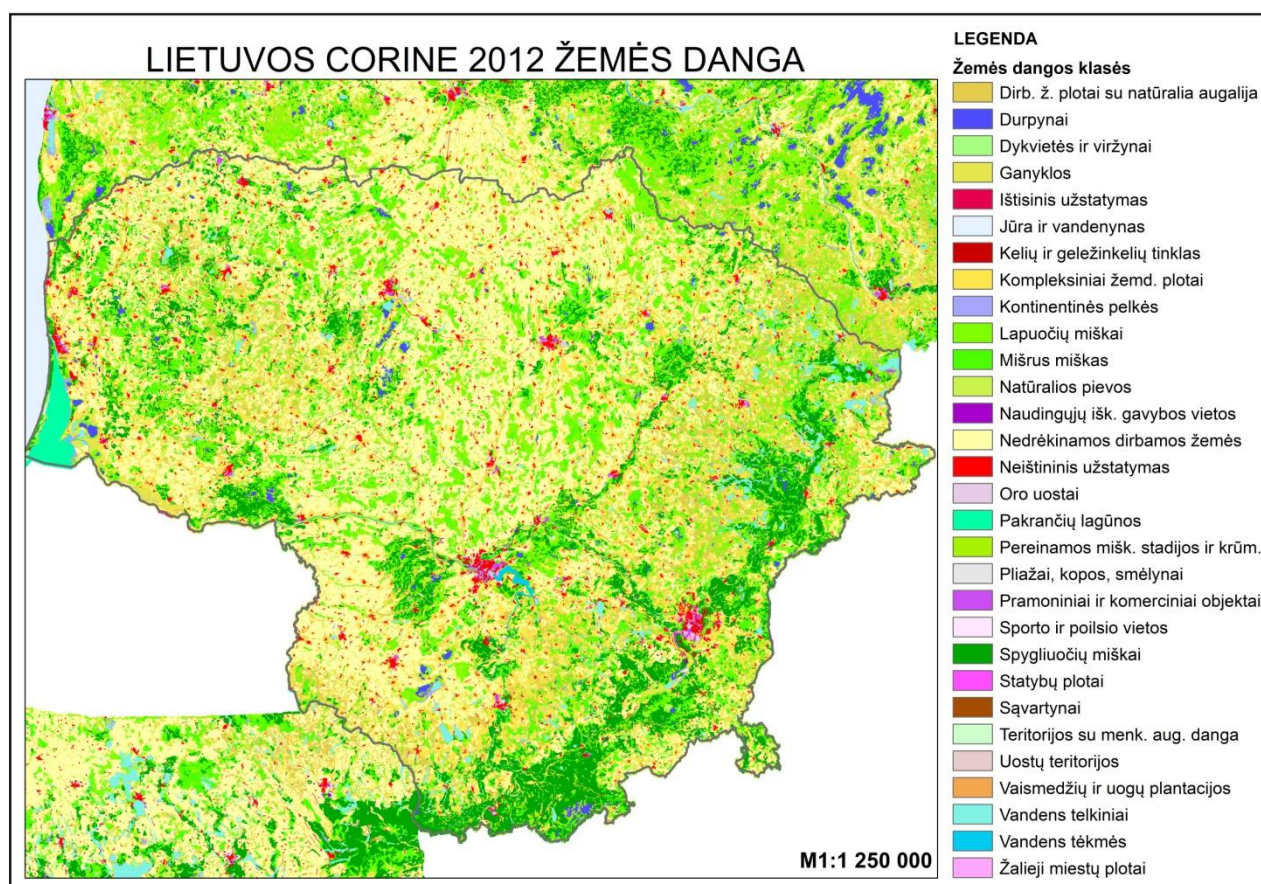
Taip pat galima išskirti tinkamas ir netinkamas apgyvendinimui teritorijas (dvejotais metodais) (žr. 1 lentelė).

1 lentelė. Tinkama ir netinkama apgyvendinti teritorija GDR10LT plotų sluoksnyje.

Grupė	Teritorijos paskirtis	Santykinis koeficientas procentais
<i>Tinkama apgyvendinimui</i>	Dirbama žemė (sd11), gamybinės teritorijos (pu3), ganyklos arba pievos (sd2), medžių, krūmų želdiniai ir žėliniai (sd15); miškai (ms0), nenaudojama žemė (sd4)sodai (ms4), užstatytos teritorijos (pu0)	100
<i>Netinkama apgyvendinimui</i>	Baltijos jūra, Kuršių marios (hd5), buferiai nuo kelių (gt12, gt14, gt15, gt16, gt18, gt19, gt2), buferiai nuo upių (hd21, hd22, hd23), durpynai (ed0), ežerai (hd3), kapinės (vp1), karjerai (ek0), kūdros ir kiti nepratenkančios vandens telkiniai (hd4), medžių juostos (mj0), miškingos pelkės (ms0hd6), oro uostai (va1), pakilimo takai (va11), pelkės (hd6), sąvartynai (vg1, vg2, vg3), smėlynai (sd42), sraigtasparnių aikštelės (va12), stadionai ir sporto aikštynų kompleksai (vk1), tvenkiniai (hd9), upeliai, kanalai, drenažo grioviai (hd2), upės (hd1)	0

CORINE 2012 ŽEMĖS DANGA

CORINE žemės dangos (angl. *CORINE Land Cover (CLC)*) inventorių buvo pradėtas 1985 metais (atskaitiniai metai 1990). Atnaujinimai buvo parengti 2000-aisiais, 2006-aisiais ir 2012-aisiais metais. Inventorių sudaro žemės paviršiaus, suskirstytas į 44 klases (Corine Land Cover, 2018). Į Lietuvos teritoriją patenka 30 klasių, kurios pateiktos žemiau žemėlapyje (žr. 8 pav.) ir lentelėje (žr. 2 lentelė). Šiame darbe naudoti CORINE 2012, siekiant mažesnio metų skirtumo tarp demografinių ir pagalbinių duomenų.



8 pav. Lietuvos CORINE 2012 žemės danga.

2 Lentelė. Lietuvos CORINE 2012 žemės dangų klasės (Šaltinis: Vaitkus G., 2005; CORINE Land Cover, 2006).

1 lygis (Level 1)	2 lygis (Level 2)	3 lygis (Level 3)	
1. Dirbtinės dangos <i>(1 Artificial surfaces)</i>	1.1. Užstatymo teritorijos <i>(11 Urban fabric)</i>	1.1.1. Ištinis užstatymas <i>(111 Continuous urban fabric)</i>	
		1.1.2. Neištinis užstatymas <i>(112 Discontinuous urban fabric)</i>	
	1.2. Pramoniniai, komerciniai ir transporto objektai <i>(12 Industrial, commercial and transport units)</i>	1.2.1. Pramoniniai ir komerciniai objektai <i>(121 Industrial or commercial units)</i>	
		1.2.2. Kelių ir geležinkelių tinklas ir su juo susijusi žemė <i>(122 Road and rail networks and associated land)</i>	
		1.2.3. Uostų teritorijos <i>(123 Port areas)</i>	
		1.2.4. Oro uostai <i>(124 Airports)</i>	
	1.3. Karjerai, sąvartynai ir statybos <i>(13 Mine, dump and construction sites)</i>	1.3.1. Naudingųjų iškasenų gavybos vietos <i>(131 Mineral extraction sites)</i>	
		1.3.2. Sąvartynai <i>(132 Dump sites)</i>	
		1.3.3. Statybų plotai <i>(133 Construction sites)</i>	
	1.4. Apželdintos dirbtinės ne ž. ūkio paskirties teritorijos <i>(14 Artificial, non-agricultural vegetated areas)</i>	1.4.1. Žalieji miestų plotai <i>(141 Green urban areas)</i>	
		1.4.2. Sporto ir poilsio vietos <i>(142 Sport and leisure facilities)</i>	
	2. Žemdirbystės teritorija <i>(2 Agricultural areas)</i>	2.1. Dirbama žemė <i>(21 Arable land)</i>	2.1.1. Nedrėkinamos dirbamos žemės <i>(211 Non-irrigated arable land)</i>
		2.2. Daugiametės kultūros <i>(22 Permanent crops)</i>	2.2.2. Vaismedžių ir uogų plantacijos <i>(222 Fruit trees and berry plantations)</i>
2.3. Ganyklos <i>(23 Pastures)</i>		2.3.1. Ganyklos <i>(231 Pastures)</i>	
2.4. Kompleksinės žemdirbystės teritorijos		2.4.2. Kompleksiniai žemdirbystės plotai <i>(242 Complex cultivation patterns)</i>	

	<i>(24 Heterogeneous agricultural areas)</i>	2.4.3. Dirbamos žemės plotai su natūralios augalijos intarpais <i>(243 Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation)</i>	
3. Miškai ir kitos gamtinės teritorijos <i>(3 Forest and semi natural areas)</i>	3.1. Miškai <i>(31 Forests)</i>	3.1.1. Lapuočių miškai <i>(311 Broad-leaved forest)</i>	
		3.1.2. Spygliuočių miškai <i>(312 Coniferous forest)</i>	
		3.1.3. Mišrus miškas <i>(313 Mixed forest)</i>	
	3.2. Krūmų ir/arba žolinės augalijos bendrijos <i>(32 Scrub and/or herbaceous vegetation associations)</i>	3.2.1. Natūralios pievos <i>(321 Natural grasslands)</i>	
		3.2.2. Dykvietės ir viržynai <i>(322 Moors and heathland)</i>	
		3.2.4. Pereinamos miškų stadijos ir krūmynai <i>(324 Transitional woodland-shrub)</i>	
	3.3. Žemė su reta augaline danga, arba be jos <i>(33 Open spaces with little or no vegetation)</i>	3.3.1. Pliažai, kopos, smėlynai <i>(331 Beaches, dunes, sands)</i>	
		3.3.3. Teritorijos su menka augaline danga <i>(333 Sparsely vegetated areas)</i>	
	4. Pelkės <i>(4 Wetlands)</i>	4.1. Kontinentinės pelkės <i>(41 Inland wetlands)</i>	4.1.1. Kontinentinės pelkės <i>(411 Inland marshes)</i>
			4.1.2. Durpynai <i>(412 Peat bogs)</i>
5. Vandens telkiniai <i>(5 Water bodies)</i>	5.1. Vidaus vandenys <i>(51 Inland waters)</i>	5.1.1. Vandens tėkmės <i>(511 Water courses)</i>	
		5.1.2. Vandens telkiniai <i>(512 Water bodies)</i>	
	5.2. Jūrų vandenys <i>(52 Marine waters)</i>	5.2.1. Pakrančių lagūnos <i>(521 Coastal lagoons)</i>	
		5.2.3. Jūra ir vandenynas <i>(523 Sea and ocean)</i>	

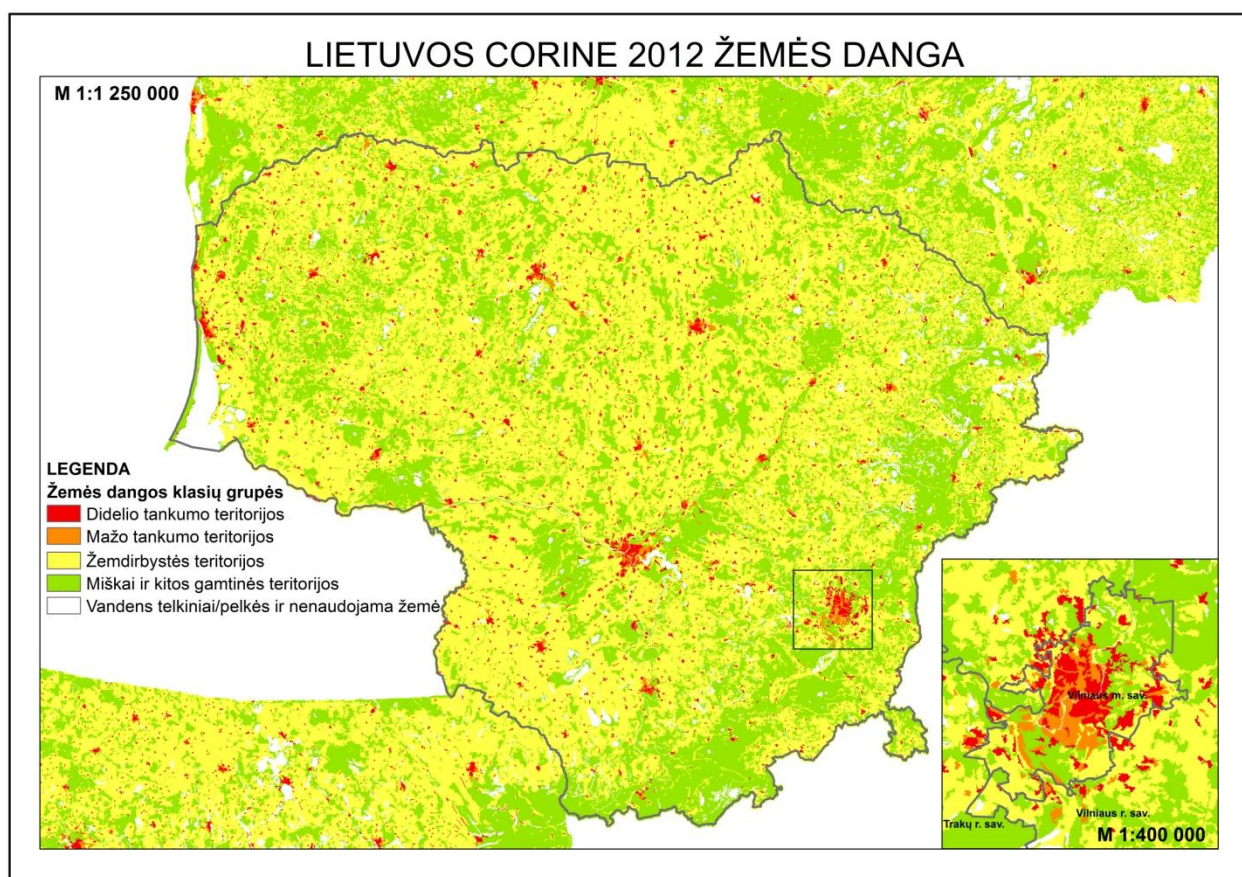
Norint atlikti dazimetrinį gyventojų tankumo kartografavimą su pagalbiniais duomenimis, šiuo atveju žemės dangos klasėmis, jos turi būti sugrupuotos į 2-6 grupes (grupių skaičius priklausomai nuo tyrimo ir turimų duomenų), kurioms suteiktos potencialaus tankumo vertės (0-100), taip apsprendžiant tankumo vizualizaciją ir tikimybinį pasiskirstymą galutiniame dazimetriniame žemėlapyje. Šiame darbe žemės dangų klasės iš CORINE 2012 ir GDR10LT buvo sugrupuotos į 5 grupes - vandens telkiniai/pelkės ir nenaudojama žemė (0), miškai ir kitos gamtinės teritorijos (1), žemdirbystės teritorijos (2), mažo tankumo teritorijos (3), didelio tankumo teritorijos (4) (žr. 4 ir 5 lentelės). Toks klasių suskirstymas buvo pasirinktas atsižvelgiant į Portlando (JAV) Valstybinio Universiteto pavyzdį (žr. 3 lentelę).

3 lentelė. Portland (JAV) Valstybinio Universiteto pateiktame dazimetrinio kartografavimo mokymo pavyzdyje, pateikiamas toks žemės dangos suskirstymas su jai būdingomis tankumo vertėmis.

Žemės dangos kodas	Apibūdinimas	Potencialaus tankumo vertė iš 100
1	Mažo tankumo gyvenama teritorija	15
2	Didelio tankumo gyvenama teritorija	65
3	Komercinės/industrinės teritorijos	5
4	Žemės ūkio teritorijos	10
5	Gamtinės teritorijos	5
6	Vandens telkiniai ir pelkės	0

4 lentelė. Reklasifikuotas CORINE 2012 žemės dangos rastras.

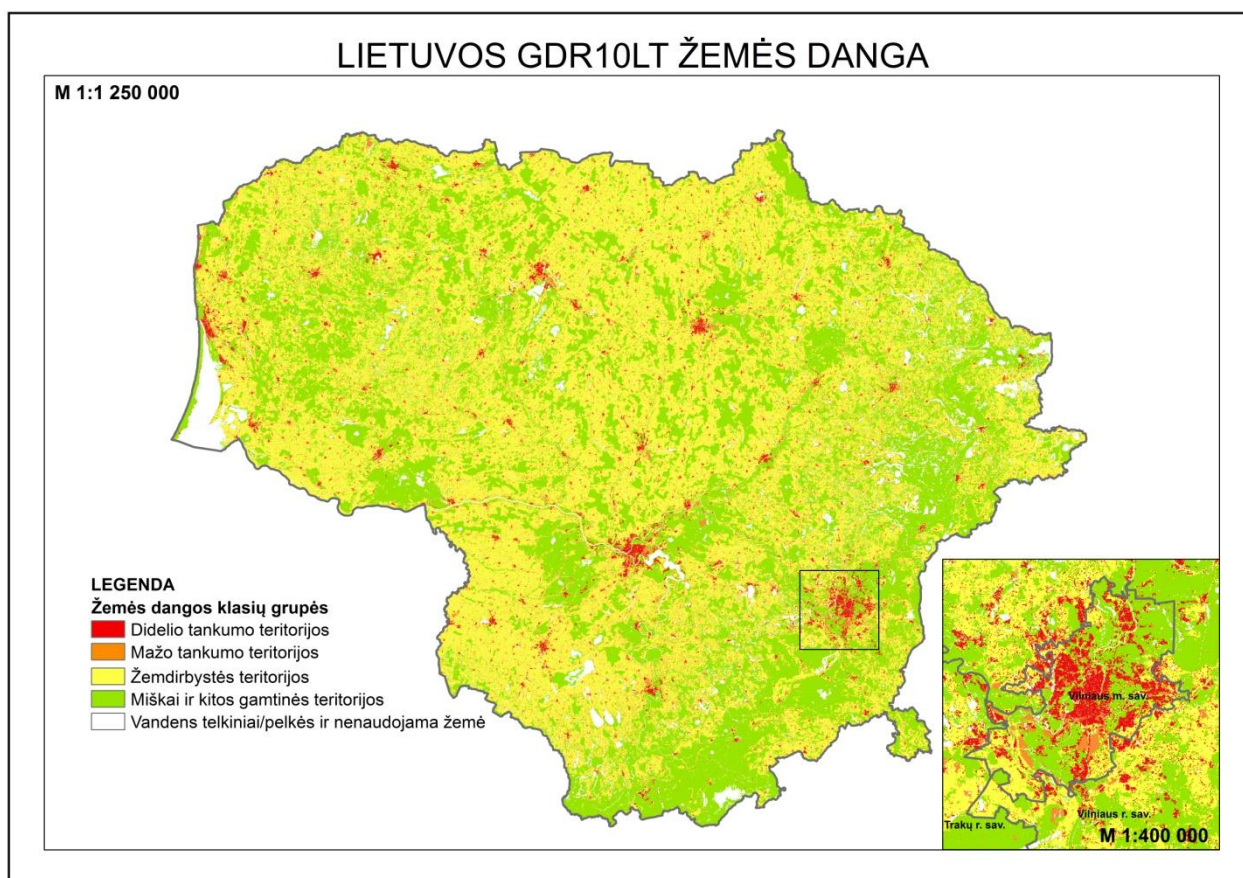
Žemės dangos kodas	Apibūdinimas	Erdvinių objektų kodai	Potencialaus tankumo vertė
4	Didelio tankumo teritorijos	111, 112	65
3	Mažo tankumo teritorijos	121, 122, 123, 124, 131, 132, 133, 141, 142	20
2	Žemdirbystės teritorijos	211, 222, 231, 242, 243	10
1	Mišakai ir kitos gamtinės teritorijos	311, 312, 313, 321, 322, 324, 331, 333	5
0	Vandens telkiniai/pelkės ir nenaudojama žemė	411, 412, 511, 512, 521, 523	0



9 pav. Lietuvos CORINE 2012 žemės danga klasių grupėmis.

5 lentelė. Reklasifikuotas GDR10LT plotų rastras.

Žemės dangos kodas	Apibūdinimas	Erdvinių objektų kodai	Potencialaus tankumo vertė
4	Didelio tankumo teritorijos	pu0	65
3	Mažo tankumo teritorijos	hd21, hd23, gt16, ms4, hd22, gt14, gt15, gt18, gt12, vp1, gt2, gt19, pu3, vk1, va1, va11, ek0, vg3, va12, vg2, vg1	20
2	Žemdirbystės teritorijos	sd2, sd11	10
1	Mišškai ir kitos gamtinės teritorijos	ms0, sd15, mj0, sd42	5
0	Vandens telkiniai/pelkės ir nenaudojama žemė	hd4, hd3, sd4, hd9, hd2, hd6, hd1, ed0, ms0hd6, hd5	0



10 pav. Lietuvos GDR10LT žemės dangos klasių grupės.

2.3. Dazimetrinio kartografavimo įrankiai

Intelektualaus dazimetrinio kartografavimo įrankių rinkinys „Dasytoolbox10_v2_0“.

Dazimetrinio kartografavimo tikslas parodyti statistinius paviršiaus duomenis, išsamiai suskirstant erdvę į zonas, kurių ribos atspindi pagrindinio statistinio paviršiaus variacijas/kitimus. Šis kartografavimas yra duomenų transformavimo procesas iš sutartinio šaltinio zonų į dazimetrinį žemėlapij per šaltinio duomenų perdangą su papildomu duomenų rinkiniu. Praktiškai jis yra laikomas tam tikra rūšimi arealų interpoliacijos technikos, kuomet šaltinio zonų duomenys yra pašalinami iš tam tikrų kategorijų pagalbinių duomenų rinkinio. Dazimetrinis žemėlapių kūrimas taikomas daugeliui užduočių, kuriose naudotojas siekia patobulinti erdviniu būdu apibendrintus duomenis, pavyzdžiui, vertinant vietos gyventojų charakteristikas tose vietovėse, kuriose prieinami tik regioninės rezoliucijos/aprėpties surašymo duomenys. Šis įrankis skirtas naujo „intelektualaus“ dazimetrinio kartografavimo (angl. *intelligent dasymetric mapping (IDM)*) technikos/metodikos projektavimui, įgyvendinimui, įtvirtinimui ir taikymui, kuri palaiko įvairius metodus apibūdinant santykį tarp papildomų duomenų ir pagrindinio statistinio paviršiaus. Ši technika yra vadinama intelektualia, nes analitikas gali nustatyti šiuos ryšius subjektyviai, naudodamasis turimomis savo srities žiniomis, ekstrapoliuojant šį ryšį iš duomenų naudojant empirinę atrankos techniką arba sujungiant subjektyvius ir empirinius metodus (Dasymetric toolbox, 2017).

Šiame įrankių rinkinyje yra keletas skriptų/scenarijų (angl. *scripts*), kurie padeda parengti vektorinę populiaciją ir rastrinius pagalbinius duomenų rinkinius, skirtus pažangiems dazimetriniams žemėlapiams, atlieka dazimetrinius skaičiavimus ir generuoja išvesties rastrą su perskaičiuotu gyventojų tankumu.

Įvesties duomenys (angl. *input data*):

- *Gyventojų sluoksnis* (angl. *population layer*) – bet kokie demografiniai duomenys pateikti geoerdviniame formate, kurie turi gyventojų skaičiaus vertes, reprezentuojančias kiekvieną teritorinį vienetą (poligoną), pavyzdžiui, gyventojų duomenys pagal surašymo blokus, blokų grupes, taškus, apkritys, savivaldybes ir t.t.
- *Pagalbinis sluoksnis* (angl. *ancillary layer*) – žemėnaudos arba žemės paviršiaus rastrinis sluoksnis, kuris yra perklasifikuotas į keturias klases, rodančias gyvenamų/negyvenamų teritorijų tankumo stratifikaciją/suskaidymą, pavyzdžiui, 4 klasė - didelio tankumo gyvenamoji teritorija, 3 klasė – mažo tankumo gyvenamoji teritorija, 2 klasė – neurbanizuota teritorija, 0 klasė – negyvenama.

Naudojama *empirinė atranka* (angl. *empirical sampling*) norint nustatyti gyventojų surašymo teritorinio vieneto populiacijos dalį, kuri turi būti priskiriama kiekvienos tiriamos gyvenamosios teritorijos klasei. Vartotojas gali pasirinkti procentinę teritorijos dalį, kurią užima

apgyvendinimo klasė gyventojų surašymo vienetė. Atrankos metodas paims visus surašymo vienetus (administracinius teritorinius vienetus arba tinklelio gardeles) su pasirinktais procentais praeitame veiksmė, atitinkančiais didelio tankumo teritorijas, ir perskaičiuos gyventojų tankumo frakciją/dalelę, kuri bus panaudota kaip galiojantis/tarpinis (angl. *proxy*) tankumo pasiskirstymas didelio tankumo apgyvendinimo klasėje. Gyventojų surašymo teritorijoms neatitikus šių kriterijų bus panaudotas svertinis arealų metodas (angl. *areal weighting*).

Svertinis arealų metodas (angl. *areal weighting*) – gyventojų tankumo frakcija/dalelė turi būti pakoreguota pagal bendrą surašymo blokų procentinį plotą, užimamą kiekvienos apgyvendintos klasės. Santykis apskaičiuojamas kiekvienai apgyvendintai klasei, atspindinčiai procentą ploto, kuri apgyvendinimo klasės faktiškai užima gyventojų surašymo bloke. Teritorinis santykis naudojamas gyventojų tankio dalelės pritaikymui/skaičiavimui gyventojų tankumui ir skirtingų gyvenamų klasių teritorijų kiekviename gyventojų surašymo vienetė variacijoms.

Iš anksto nustatyto klasių vertės (angl. *preset classes*) – jeigu yra žinoma, kad žemėnaudos/žemės paviršiaus klasė yra neapgyvendinta (šiai klasei būtų galima priskirti vandens telkinius, nenaudojamą teritoriją, negyvenamas šlapžemės/pelkes ir pan.), galima iš karto nustatyti nulinę vertę, taip visos teritorijos šioje klasėje bus atmestos skaičiuojant gyventojų tankumą.

Išvesties duomenys (angl. *output data*) – dazimetrinio žemėlapio sudarymo įrankis išveda rastrinį tinklelį, atstovaujantį gyventojus/tinklelį (angl. *population/grid cell*). Šie duomenys buvo perkelti iš populiacijos šaltinio zonų (surašymo duomenų) į žemėnaudos/žemės dangos duomenų zonas, naudojant interpoliaciją. Tinklelio gardelės dydis gali būti nustatytas vartotojo arba priklausyti nuo naudojamų investies duomenų. Jis taip pat nėra ribojamas, tačiau nuo dydžio priklauso kaip ilgai truks skaičiavimai.

Simbolizacija (angl. *symbolization*) – vartotojui reikia pačiam modifikuoti simbolizaciją, kad ji vizualiai atspindėtų naujo tankumo rezultatus. Rekomenduojama simbolizacija yra panaudoti klasifikuotų duomenų diapazoną su pageidaujamu klasių skaičiumi. Kitas rekomenduojamas variantas yra pašalinti visas nulines vertes per „klasifikavimas“, toliau „duomenų išskyrimo ypatybės“ (angl. *Classification>Data Exclusion Properties*), čia įrašant nulį į išskyrimo vertės lauką, o tada pasirinkti legendos savybes visoms nenulinėms reikšmėms (Dasymetric toolbox, 2017).

2.4. Tankumo vertinimo problemos

Statistinių rodiklių reikšmių apribojimai. Statistinių rodiklių reikšmės gardelėse pateiktos absoliučiais skaičiais. Jei gardelės reikšmė yra mažesnė nei 10 gyventojų, absoliuti reikšmė neteikiama, o nurodoma „<10“. Gardelės, kuriose rodiklio reikšmė lygi 0 yra neatvaizduojamos, todėl yra paliekama tuščia teritorija, kas gali trukdyti kurti rastrus iš šių duomenų. Statistinių rodiklių reikšmės pagal charakteristikas gardelėse pateikiamos intervalais kas 10 (pvz. jei reikšmė yra 53, gardelėje pateikta reikšmė „50–59“). Atributų lentelėje gyventojų skaičiai pateikti kaip tekstinis formatas, dėl jau minėtų reikšmių „<10“ ir „50-59“. Vykdamas skaičiavimus, toks laukelio formatas sukelia problemą, todėl reikia laukelius pertvarkyti/sukurti naujus suteikiant jiems skaičiaus formatą, o tada pertvarkyti tas tekstines vertes, kurios neatitinka tokio formato. Tai pavyzdžiui, imant „<10“ gardelės reikšmę, ją galima pakeisti į vertės vidurkį – 5, nors tiksliai nėra žinoma tos gardelės reikšmė.

Nuolatiniai gyventojai laikinai išvykę gyventi į užsienį GIS aplikacijoje atvaizduojami Lietuvoje nurodyto būsto adresu. Surašymo metu instituciniuose namuose gyvenę asmenys GIS aplikacijoje neatvaizduojami. Todėl oficialūs paskelbti surašymo rezultatai pagal Lietuvos Respublikos teritorijos administracinius vienetus gali skirtis nuo pateikiamų aplikacijoje. Siekiant užtikrinti duomenų konfidencialumą, kai kuriose gardelėse duomenys neteikiami (Gis duomenys, 2017).

CORINE žemės dangos ir demografinės situacijos analizė Lietuvos atžvilgiu. Žinant apytikslius gyventojų tankius skirtinguose žemės dangos sluoksniuose, teoriškai galima sumodeliuoti gyventojų erdvinį pasiskirstymą. ES šalys pateikia gana išsamius gyventojų statistikos duomenis atskirų administracinių teritorijų lygmeniu, todėl demografinės situacijos modeliavimą įmanoma atlikti. Gyventojų erdvinio pasiskirstymo modeliavimui būtina surinkti kuo detalesnę statistiką, o Lietuvos atveju tai būtų atskirų seniūnijų lygio demografiniai duomenys bei jų tikslų ribų sluoksnis. Tačiau Lietuvoje tokie demografiniai duomenys pateikiami savivaldybių lygmenyje, todėl Lietuvoje tokio tipo analizę atlikti šiuo metu būtų vargiai įmanoma, nes turimų demografinės statistikos duomenų detalumas nėra pakankamas, be to, erdviniam modeliui būtini empiriniai gyventojų tankio koeficientai pareikalautų didelių darbo sąnaudų, ir dėl intensyvios gyventojų migracijos, būtų gana trumpalaikiai (Vaitkus G., 2005).

2.5. Naudoti metodai

Loginiai metodai. Loginio mąstymo procesas taikomas gyventojų tankumo dazimetrinių žemėlapių kūrimo analizės sisteminiam. Jis yra būtinas aiškinantis dazimetrinių žemėlapių kūrimo metodus bei gautus rezultatus, pateikiant išvadas bei atsižvelgiant į trūkumus, su kuriais gali tekti susidurti rengiant Lietuvos gyventojų tankumo dazimetrinį žemėlapi.

Matematiniai metodai. Demografinių ir teritorinių statistinių duomenų skaičiavimas ir jų pateikimas matematine išraiška, kas yra labai svarbu duomenų kūrimo procese. Taip pat šie metodai papildo loginius metodus ir yra beveik neatsiejami vieni nuo kitų, kadangi visoms matematinės išraiškos yra paremtos loginės sampratos pagrindu.

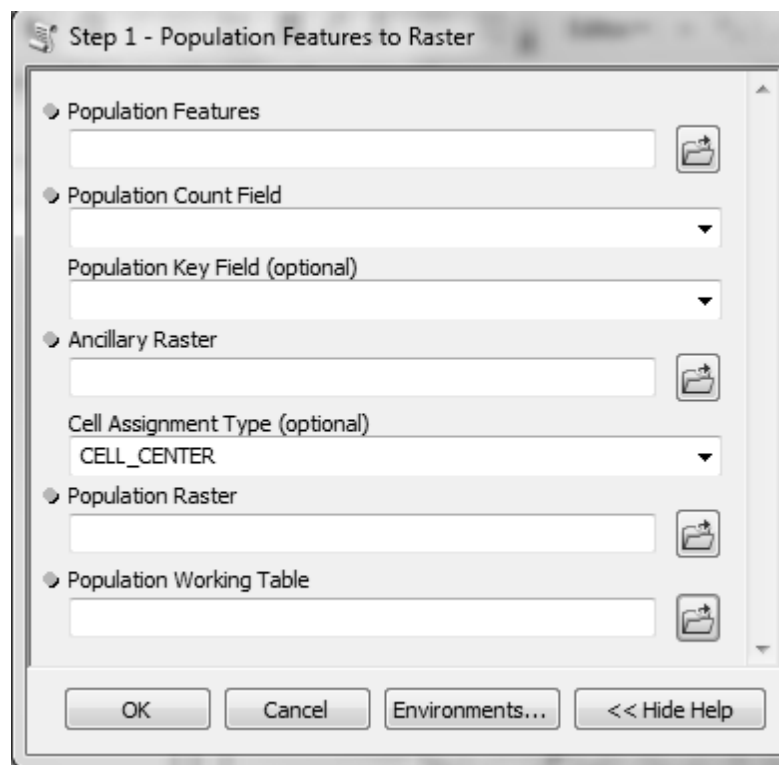
Kartografiniai metodai. Sukurti duomenys panaudojami erdvinei analizei. Nustatyta gyventojų tankumo teritorinė sklaida bei šia tematika sudaryti žemėlapiai. Kartografiniai metodai leidžia pavaizduoti gautus rezultatus žemėlapiuose ir turėti išliekamąją vertę tolimesniems tankumo tyrimams.

3. DARBO REZULTATAI

3.1. Lietuvos gyventojų dažimetriniai žemėlapiai

3.1.1. Darbo procesas ir tarpiniai rezultatai

Pirmame žingsnyje (žr. 11 pav.) gyventojų vektoriniai duomenys (administraciniai poligonai (savivaldybės); 10 km x 10 km gardelės) buvo paversti į rastrinius duomenis su 100 m x 100 m gardelės dydžiu. Šis dažimetrinio kartografavimo įrankis automatiškai pasirenka tokį gardelių dydį, remdamasis pagalbinių rastrinių duomenų rinkiniu, t.y. perklasifikuotu žemės dangos klasių rastru (*CORINE2012*; *GDR10LT:PLOTAI*) (aptarta antrame skyriuje) kaip pagrindu, kurio gardelių dydis yra būtent toks. Nors esant poreikiui, rankiniu būdu galima gardelių dydį pakeisti, nes nuo jų dydžio priklauso rezultatų tikslumas ir duomenų apdorojimo laikas. Pagalbinių rastrinių duomenų rinkinys šiame žingsnyje yra skirtas perskirstyti gyventojus gyvenamoje teritorijoje.



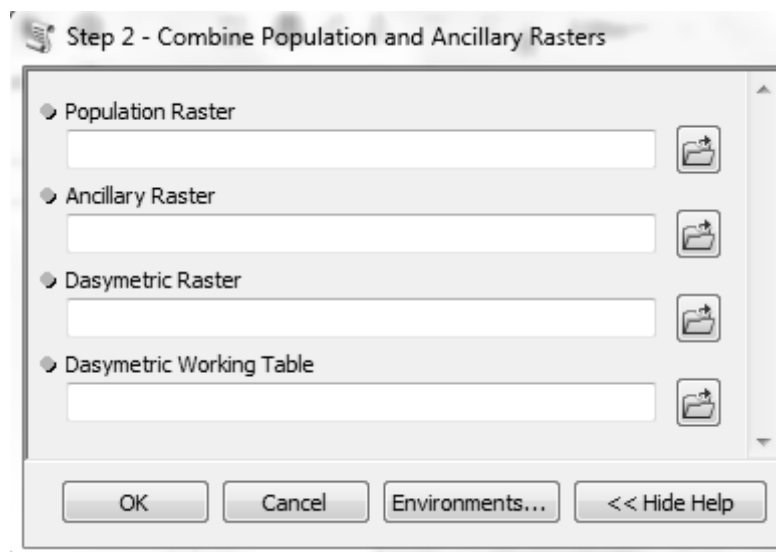
11 pav. Pirmas dažimetrinio kartografavimo įrankių rinkinio žingsnis. Gyventojų rastro sukūrimas.

Gyventojų poligonų ypatybių klasės buvo paverstos į sveikų skaičių rastrą naudojant unikalūs ypatybių klasių identifikavimo numerius (šio darbo atveju vektorinių gyventojų sluoksnių atributų lentelėse buvo „*FID*“ arba „*OBJECTID*“), taip išvedant naujas rastro vertes. Pasirenkamas buvo ir laukas („*GYV_SK*“), kuriame yra surašytos gyventojų skaičiaus reikšmės. Po šių veiksmų, išvesties rastruose buvo unikalūs gyventojų šaltinių vienetai ir su jais susiję gyventojų duomenys.

Šis įrankis remiasi „*polygon to raster*“ konversijos įrankiu ir yra skirtas naudoti dažimetriniame kartografavime. Galiausiai sudaryta gyventojų darbinė lentelė (angl. „*Population working table*“) atributų lentelė, skirta vykdomiems skaičiavimams (žr. 12 pav. ir 2 priedą).

PopWorkTable						
FID *	Count	GYV_SK	CELL_DENS	POP_AREA	POP_DENS	
0	147454	28171	0.191049	146131	0.192779	
1	121577	58242	0.479054	120341	0.483975	
2	84301	23307	0.276474	82854	0.281302	
3	90680	20591	0.227073	90155	0.228396	
4	115145	26173	0.227305	113958	0.229672	
5	131503	23745	0.180566	130941	0.181341	

12 pav. Gyventojų darbinės lentelės (angl. „*Population Working Table*“) (*CORINE2012 + GYV. SK. SAV.*) ištrauka, kurioje „*Count*“ – bendras gyventojų duomenų šaltinio (t.y. savivaldybės arba gardelės) teritorijos gardelių plotas, „*GYV_SK*“ – gyventojų skaičius, „*CELL_DENS*“ – gyventojų tankumas gardelėje, „*POP_AREA*“ – gyvenamos teritorijos be vandens telkinių/pelkių ir nenaudojamų teritorijų užimamas plotas, ir „*POP_DENS*“ – perskaičiuotas gyventojų tankumas gardelėse.



13 pav. Antras dažimetrinio kartografavimo įrankių rinkinio žingsnis. Gyventojų ir pagalbinių duomenų rastrų sujungimas.

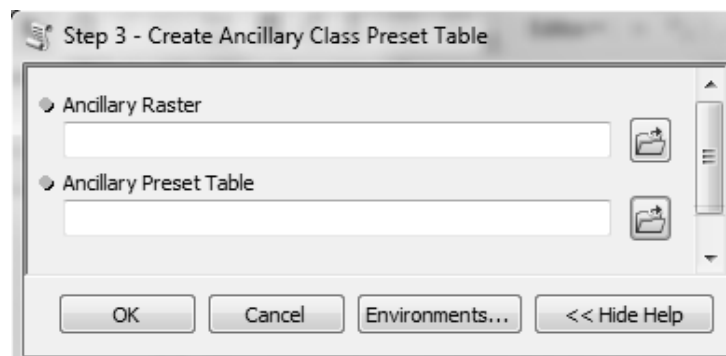
Antrame žingsnyje (žr. 13 pav.) buvo sujungti gyventojų ir pagalbinių rastrai. Gyventojų sluoksnio perskaičiuoti vienetai sukombinuoti su papildomų duomenų rinkiniu, tuo pačiu kuris buvo naudojamas pirmame žingsnyje, taip gaunant išvesties rastrą su reikšmėmis atitinkančiomis unikalūs gyventojų ir pagalbinių (žemės dangos) duomenų klasių derinius. Sukurta dažimetrinė darbinė lentelė (angl. *Dasymetric Working Table*) (žr. 14 pav.), kuri buvo eksportuota iš rastro

atributų lentelės, o tolimesniuose žingsniuose panaudota intelektualiaame dazimetriniame kartografavime, perskirstant populiacijos šaltinio vienetus pagal papildomų duomenų klases.

DasyWorkTable										
OBJECTID *	Count	PopRaster	CLASS *	POP_AREA	POP_COUNT	POP_EST	TOTALFRACT	NEW_POP	NEWDENSITY	
1	1323	0	0	0	28171	0	0	0	0	
2	41948	0	1	146131	28171	209740	0.149023	4198.138124	0.10008	
3	100882	0	2	146131	28171	1008820	0.716782	20192.455909	0.200159	
4	35304	1	1	120341	58242	176520	0.143679	8368.166112	0.237032	
5	80025	1	2	120341	58242	800250	0.651367	37936.918938	0.474063	

14 pav. Dazimetrinės darbinės lentelės ištrauka (*CORINE2012 + GYV. SK. SAV.*), kurioje „Count“ – bendras gardelių skaičius su šia reikšme, „PopRaster“ – gyventojų duomenų šaltinio teritorijos kodas, „CLASS“ – pagalbinių duomenų klasių grupė, „POP_AREA“ – gyvenamos teritorijos be vandens telkinių/pelkių ir nenaudojamų teritorijų užimamas plotas, „POP_COUNT“ – gyventojų skaičius iš gyventojų darbinės lentelės, „POP_EST“ – gyvenama teritorija, kur gyventojų skaičius, paskaičiuotas pagal iš anksto nustatytas arba išrinktas klases, dauginant klasės tankį iš išvesties arba neatrinktos klasės gardelių skaičiaus, taikant arealų svorį (ši reikšmė naudojama tik kaip tarpinė tarp kitų skaičiavimų), „TOTALFRACT“ – klasės tankis, „NEW_POP“ – perskaičiuotas gyventojų skaičius ir „NEWDENSITY“ – perskaičiuotas gyventojų tankumas gardelėje.

Trečio žingsnio (žr. 15 pav.) metu buvo sukurta atskira pagalbinių duomenų (žemės dangos klasių) lentelė (angl. „Ancillary Preset Table“) (žr. 16 pav.), kuri turi nustatytą tankumo reikšmės lauką, skirtą kiekvienai klasei. Būtent šioje vietoje, į „PRESETDENS“ laukelį rankiniu būdu buvo įrašomos žemės dangos klasėms skirtos potencialaus tankumo vertės (4 klasei – 65, 3 klasei – 20, 2 klasei – 10, 1 – klasei 5, 0 klasei – 0).



15 pav. Trečias dazimetrinio kartografavimo įrankių rinkinio žingsnis. Pagalbinių duomenų klasių su nustatytomis tankumo vertėmis lentelė.

AncillaryPresetTable						
OBJECTID	Value	Count	CLC_CODE	PAV	PRESETDENS	
1	4	264039	111/112	Didelio tankumo teritorijos	65	
2	3	114096	121/122/123/124/131/132/133/141/142	Mažo tankumo teritorijos	20	
3	2	7437524	211/222/231/242/243	Žemdirbystės teritorijos	10	
4	1	5157354	311/312/313/321/322/324/331/333	Mišakai ir kitos gamtinės teritorijos	5	
5	0	1423204	411/412/511/512/521/523	Vandens telkiniai/pelkės ir nenaudoja	0	

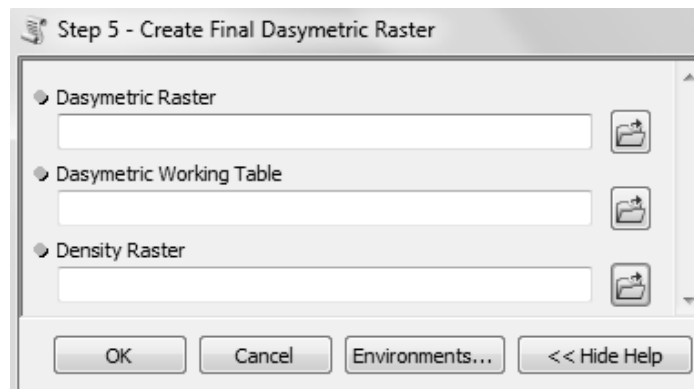
16 pav. Pagalbinių duomenų klasių ir verčių lentelė (angl. *Ancillary Preset Table*) (*CORINE2012 + GYV. SK. SAV.*), kur „Count“ – bendras klasės gardelių užimamas plotas su atitinkama verte, „CLC_CODE“ – *CORINE 2012* žemės dangos klasių kodai, „PAV“ – klasių grupės apibūdinimas, „PRESETDENS“ – nustatytas tankumas.

17 pav. Ketvirtas dazimetrinio kartografavimo įrankių rinkinio žingsnis. Dazimetriniai skaičiavimai.

Ketvirtame žingsnyje (žr. 17 pav.) padaryti dazimetriniai skaičiavimai, kuriems reikėjo ankstesniuose etapuose sukurtų lentelių - populiacijos darbinės lentelės ir dazimetrinės darbinės lentelės. Iš gyventojų darbinės lentelės reikėjo gyventojų skaičiaus („*GYV_SK*“) ir gyventojų užimamo ploto („*Count*“), o iš dazimetrinės darbinės lentelės gyventojų šaltinio atributų („*PopRaster*“) ir pagalbinių duomenų atributų („*CLASS*“). Šios dvi lentelės sujungtos per „*Count*“ lauką, taip pat prijungiant pagalbinių duomenų darbinę lentelę su pridėtinėmis tankumo vertėmis.

3.1.2. Finaliniai dazimetriniai rastrai

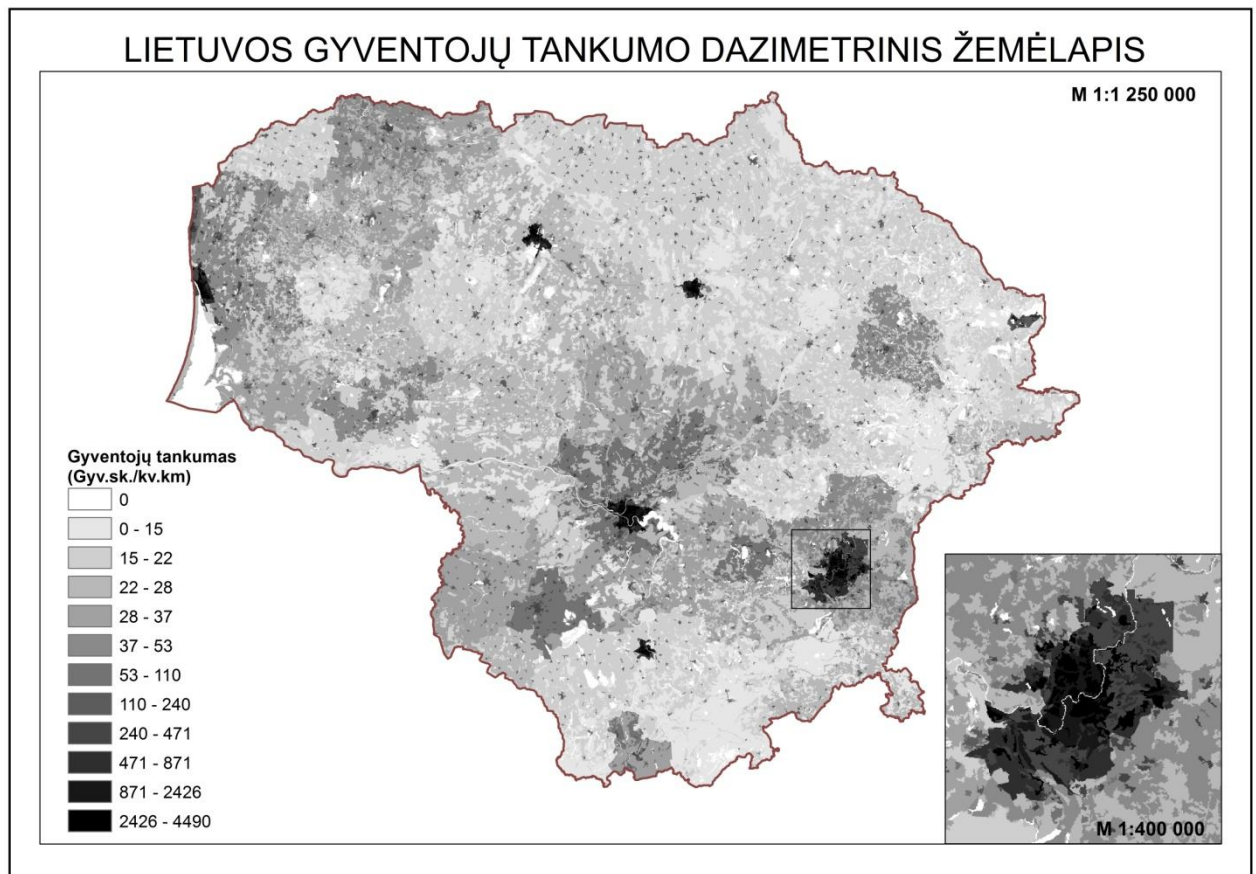
Penktame žingsnyje (žr. 18 pav.) panaudojus dazimetrinį rastrą ir dazimetrinę darbinę lentelę buvo sukurtas gyventojų tankumo rastras. Kartu su jais buvo sukurtos naujos skaičiavimų lentelės. Viena iš jų finalinė suminė lentelė (angl. „*FinalSummaryTable*“), kurioje pateikiami visi bendri skaičiavimai (žr. 6 lentelę).



18 pav. Penktas dazimetrinio kartografavimo įrankių rinkinio žingsnis. Finalinio dazimetrinio rastro sukūrimas.

Sudaryti dazimetriniai žemėlapiai, varijuojant gyventojų skaičiaus ir žemės dangos šaltiniais:

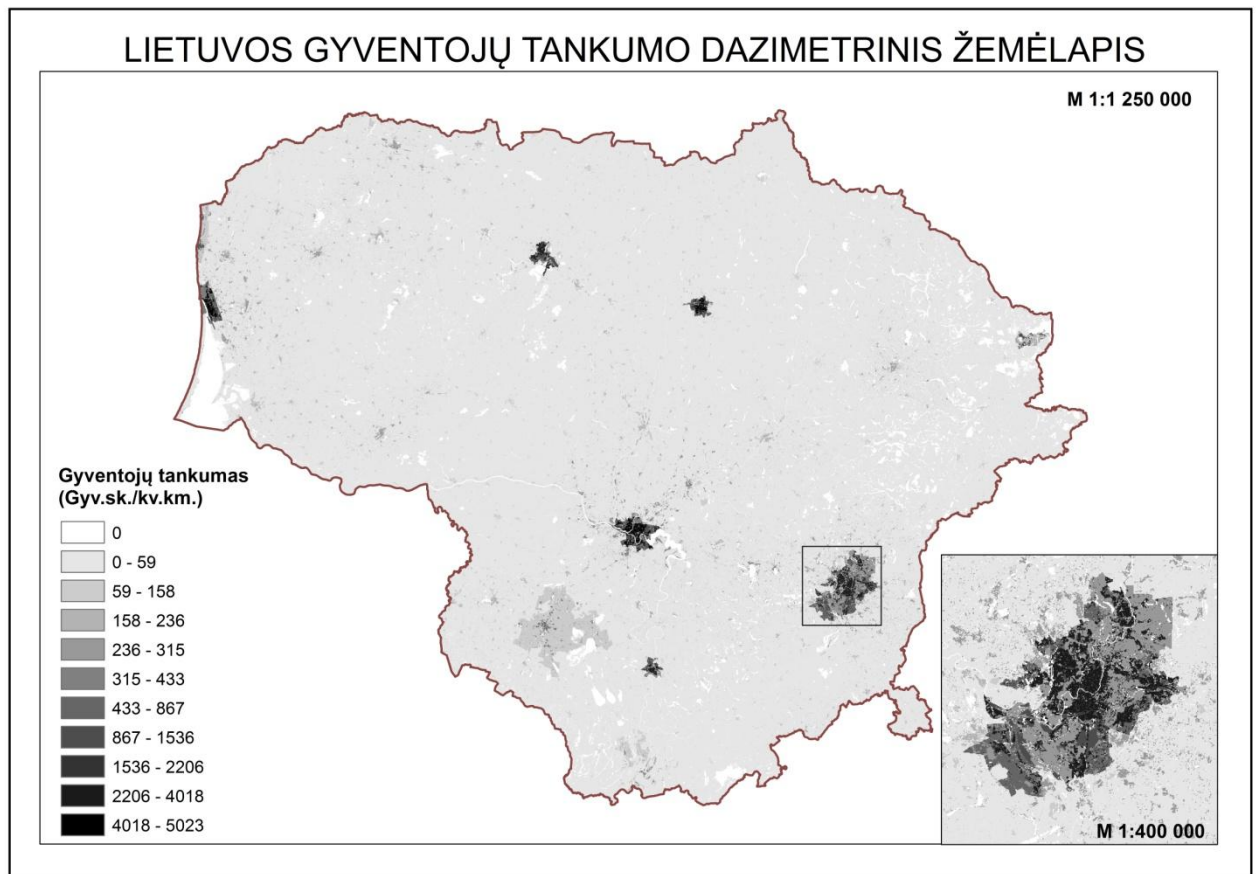
- 1) perklasifikuota CORINE 2012 žemės danga + gyventojų skaičius savivaldybėse;
- 2) perklasifikuota GDR10LT žemės danga + gyventojų skaičius savivaldybėse;
- 3) perklasifikuota GDR10LT žemės danga + gyventojų skaičius 10km x 10km gardelėse;
- 4) perklasifikuota CORINE 2012 žemės danga + gyventojų skaičius 10km x 10km gardelėse.



19 pav. Lietuvos gyventojų tankumo dazimetrinis žemėlapis: perklasifikuota CORINE 2012 žemės danga + gyventojų skaičius savivaldybėse.

6 lentelė. Finalinė suminė lentelė (*CORINE2012 + SAVIVALDYBĖS*).

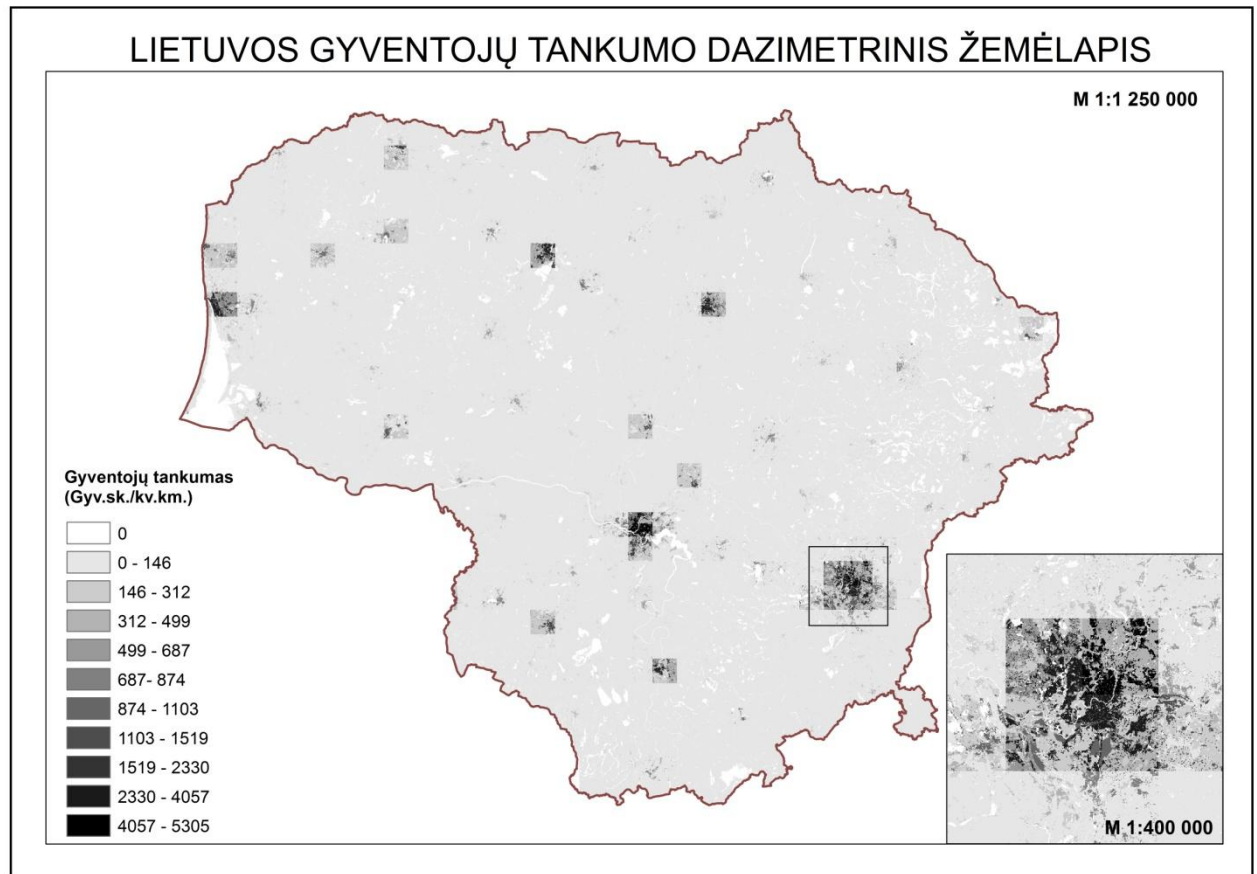
CORINE žemės dangos klasių grupės kodas	Teritorijos apibūdinimas	Gyventojų skaičius	Vidutinis gyventojų tankumas	Mažiausias gyventojų tankumas	Didžiausias gyventojų tankumas	Standartinis gyventojų tankumo nuokrypis
0	Vandens telkiniai/pelkės ir nenaudojama žemė	0	0	0	0	0
1	Mišakai ir kitos gamtinės	386507	49	8	346	93
2	Žemdirbystės	1252957	98	16	691	185
3	Mažo tankumo	263018	196	32	1383	371
4	Didelio tankumo	1140947	638	103	4495	1204



20 pav. Lietuvos gyventojų tankumo dazimetrinis žemėlapis: perklasifikuota GDR10LT žemės danga + gyventojų skaičius savivaldybėse.

7 lentelė. Finalinė suminė lentelė (GDR10LT+ SAVIVALDYBĖS)

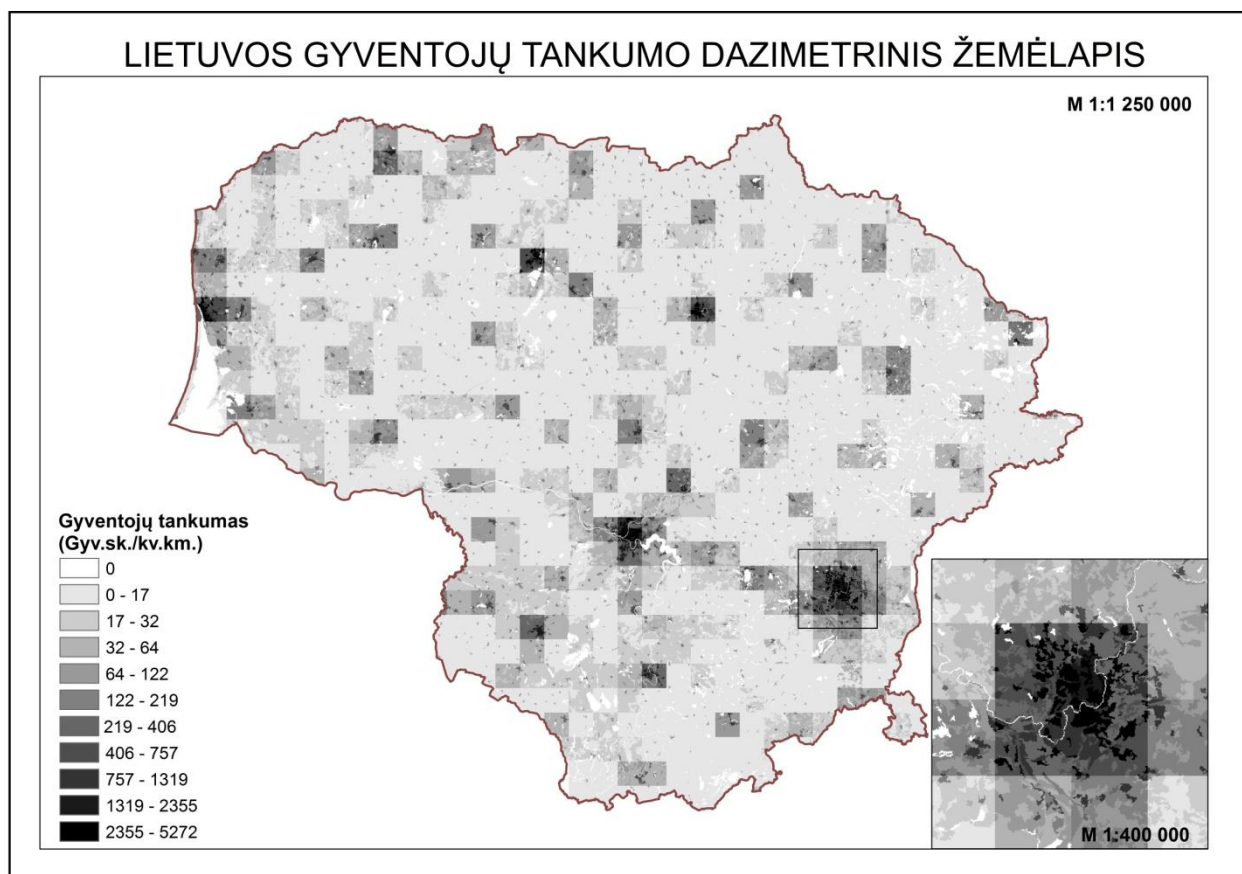
GDR10LT žemės dangos klasių grupės kodas	Teritorijos apibūdinimas	Gyventojų skaičius	Vidutinis gyventojų tankumas	Mažiausias gyventojų tankumas	Didžiausias gyventojų tankumas	Standartinis gyventojų tankumo nuokrypis
0	Vandens telkiniai/pelkės ir nenaudojama žemė	0	0	0	0	0
1	Mišakai ir kitos gamtinės	408723	49	8	386	95
2	Žemdirbystės	1028642	98	16	773	191
3	Mažo tankumo	296421	197	32	1545	381
4	Didelio tankumo	1309643	639	103	5023	1240



21 pav. Lietuvos gyventojų tankumo dazimetrinis žemėlapis: perklasifikuota GDR10LT žemės danga + gyventojų skaičius 10km x 10km gardelėse.

8 lentelė. Finalinė suminė lentelė (*GDR10LT + GRID10000*).

GDR10LT žemės dangos klasių grupės kodas	Teritorijos apibūdinimas	Gyventojų skaičius	Vidutinis gyventojų tankumas	Mažiausias gyventojų tankumas	Didžiausias gyventojų tankumas	Standartinis gyventojų tankumo nuokrypis
0	Vandens telkiniai/pelkės ir nenaudojama žemė	0	0	0	0	0
1	Mišakai ir kitos gamtinės	344854	16	0	408	37
2	Žemdirbystės	988915	32	0	816	73
3	Mažo tankumo	282272	65	0	1632	146
4	Didelio tankumo	1403371	211	0	5305	477



22 pav. Lietuvos gyventojų tankumo dazimetrinis žemėlapis: perklasifikuota CORINE 2012 žemės danga + gyventojų skaičius 10km x 10km gardelėse.

9 lentelė. Finalinė suminė lentelė (CORINE2012 + GRID10000).

CORINE žemės dangos klasių grupės kodas	Teritorijos apibūdinimas	Gyventojų skaičius	Vidutinis gyventojų tankumas	Mažiausias gyventojų tankumas	Didžiausias gyventojų tankumas	Standartinis gyventojų tankumo nuokrypis
0	Vandens telkiniai/pelkės ir nenaudojama žemė	0	0	0	0	0
1	Mišakai ir kitos gamtinės	322834	17	0	406	37
2	Žemdirbystės	1204925	33	0	811	74
3	Mažo tankumo	232075	98	4	1622	191
4	Didelio tankumo	1259577	233	0	5272	502

IŠVADOS

1. Nors buvo apžvelgta net dešimt gyventojų tankumui/pasiskirstymui suskaičiuoti naudojamų dazimetrinio kartografavimo metodų, nei vienas iš jų nėra suteikiantis visiškai tikslių duomenų. Vis dėl to tiksliausi tokio kartografavimo rezultatai gaunami pasitelkiant labai aukštos raiškos palydovines nuotraukas, kadastrą arba žemėnaudos/žemės dangos klases, jų grupes, kas ir buvo padaryta šiame darbe.

2. Ieškant geriausio būdo dazimetriškai kartografuoti Lietuvos gyventojus, buvo išbandyta keletas formulių, kurios veikė eksperimentuojant su užsienio duomenimis, tačiau neveikė su Lietuvos duomenimis, todėl buvo pereita prie dazimetrinių įrankių rinkinių, iš kurių tik vienas pasiteisino ir jo rezultatai pateikiami darbe. Susidūrus su tokiais problemomis buvo padaryta prielaida, jog duomenų rinkinių atributai yra netinkamo formato arba formulės nepritaikytos skaičiavimams su tokio dydžio reikšmėmis, nes buvo gaunamos klaidos arba minusinės tankumo reikšmės. Žinant jog, Lietuvoje vyrauja retai apgyvendintos, mažo tankumo teritorijos, galbūt tai ir yra problema naudojant dazimetriniams skaičiavimams skirtas formules ir įrankius, todėl ateityje reikėtų atidžiai gilintis į naudojamą techniką.

3. Sudarius keturis Lietuvos gyventojų tankumo dazimetrinius žemėlapius, varijuojant tiek gyventojų, tiek žemės dangos duomenimis, vizualiai geriausias rezultatas gavosi naudojant CORINE žemės dangą kaip pagrindą ir administracinių regionų (savivaldybių) gyventojų duomenis. Nors simbolizacija iš dalies automatinė – suskirstant į 11 klasių (tokio skaičiaus klasių išskyrimas garantavo nulinę vertę, kas rekomenduotina sudarinėjant dazimetrinius žemėlapius) pagal natūralius verčių lūžius – čia didžiules verčių klases gavo su GDR10LT plotais sudarinėti žemėlapiai, todėl jie labai išsiskyrė, nors finalinėse suminėse lentelėse tokių griežtų gyventojų tankumo skirtumų nematyti. Daroma prielaida ateityje geriau naudoti CORINE žemės dangą kaip pagrindą, o gyventojų skaičiaus šaltinis galėtų būti ne savivaldybės, o seniūnijos, tai gaunant dar tikslesnius duomenis.

LITERATŪROS IR INFORMACIJOS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS

Bajat B., Kronic N., Kilibarda M. 2011. Dasymetric mapping of spatial distribution of population in Timok region. University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Department of Geodesy and Geoinformatics, Belgrade. Institute of Architecture and Urban&Spatial Planning of Serbia, Belgrade, SERBIA. <http://www.e-science.amres.ac.rs/TP36035/wp-content/uploads/2012/06/Bajat-et-al.pdf> (paskutinį kartą žiūrėta 2018-05-29)

Bielecka E. 2007. Mapping population density using dasymetric methods. http://gis.us.edu.pl/index.php?option=com_mtree&task=att_download&link_id=225&cf_id=24 (paskutinį kartą žiūrėta 2018-05-25)

CORINE Land Cover nomenclature conversion to Land Cover Classification system. 2006. CORINE Land Cover (CLC) nomenclature. https://land.copernicus.eu/eagle/files/eagle-related-projects/pt_clc-conversion-to-fao-lccs3_dec2010 (paskutinį kartą žiūrėta 2018-05-29)

Corine Land Cover. 2018. *Copernicus Programme*. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover> (paskutinį kartą žiūrėta 2018 - 05 -29)

Dasymetric Allocation of Population. 2015. *EnviroAtlas: Led by the U.S. Environmental Protection Agency*. (paskutinį kartą žiūrėta 2018-05-29)

Dasymetric Mapping: An Alternative Approach To Visually And Statistically Enhancing Population Density. (2016). *Western Geographic Science Center*. <http://geography.wr.usgs.gov/science/dasymetric/index.htm> (paskutinį kartą žiūrėta 2018-05-29)

Dasymetric toolbox. 2017. <https://www.epa.gov/enviroatlas/dasymetric-toolbox> (paskutinį kartą žiūrėta 2018-05-29)

Eicher C. L., Brewer C. A. 2001. Dasymetric Mapping and Areal Interpolation: Implementation and Evaluation. *Cartography and Geographic Information Scienc*, 28(2): 125-138. https://www.colorado.edu/geography/leyk/geog_4203/readings/EicherBrewerDasy_fix.pdf (paskutinį kartą žiūrėta 2018-05-29)

Gis duomenys. 2017. *Lietuvos statistikos departamentas*. <https://osp.stat.gov.lt/gis-duomenys>(paskutinį kartą žiūrėta 2018-05-29)

<https://enviroatlas.epa.gov/enviroatlas/DataFactSheets/pdf/Supplemental/DasymetricAllocationofPopulation.pdf> (paskutinį kartą žiūrėta 2018-05-29)

Humboldt, Alexander Von. 2008. *International Encyclopedia of the Social Sciences*. <http://www.encyclopedia.com/people/science-and-technology/environmental-studies-biographies/alexander-von-humboldt> (paskutinį kartą žiūrėta 2018-05-29)

Interpoliacija. <http://zodynas.vz.lt/Interpoliacija> (paskutinį kartą žiūrėta 2017-06-02)

Lietuvos gyventojai 2011. 2013. Lietuvos Statistikos departamentas. https://osp.stat.gov.lt/documents/10180/217110/Lietuvos_gyventojai_2011.pdf (paskutinį kartą žiūrėta 2018-05-29)

Lietuvos Statistikos Departamentas. 2018. *Oficialios statistikos portalas*. <https://osp.stat.gov.lt/> (paskutinį kartą žiūrėta 2018-05-29)

Maantay J. A., Maroko A. R., Herrmann C. 2007. Mapping Population Distribution in the Urban Environment: The Cadastral-based Expert Dasymetric System (CEDS). *Cartography and Geographic Information Science*, 34(2): 77-102. <https://pdfs.semanticscholar.org/b376/c52694aa87fb6efcb6cbc107cbdb92bf9dd2.pdf> (paskutinį kartą žiūrėta 2018-05-25)

Nuolatinių gyventojų skaičius ir sudėtis. *Lietuvos statistikos departamentas*. https://osp.stat.gov.lt/documents/10180/0/gyventoju+skaicius_metainfo (paskutinį kartą žiūrėta 2018-05-29)

Palsky G. 2008. Connections and exchanges in European thematic cartography. The case of 19th century choropleth maps. *Belgian Journal of Geography*. <http://belgeo.revues.org/11893?lang=en> (paskutinį kartą žiūrėta 2018-05-29)

Pasaulio žemėlapiai. 2015. <http://lietuva-enciklopedija.blogspot.lt/2016/07/pasaulio-zemelapiai.html> (paskutinį kartą žiūrėta 2018-05-29)

Ritter, Carl. 2008. *International Encyclopedia of the Social Sciences*. <http://www.encyclopedia.com/people/social-sciences-and-law/sociology-biographies/carl-ritter> (paskutinį kartą žiūrėta 2018-05-29)

Semyonov-Tyan-Shansky, Petr Petrovich. 2008. *Complete Dictionary of Scientific Biography*. <http://www.encyclopedia.com/science/dictionaries-thesauruses-pictures-and-press-releases/semyonov-tyan-shansky-petr-petrovich> (paskutinį kartą žiūrėta 2018-05-29)

Sociology and Economics ("Moral Statistics"). http://libweb5.princeton.edu/visual_materials/maps/websites/thematic-maps/quantitative/sociology-economics/sociology-economics.html (paskutinį kartą žiūrėta 2018-05-29)

Šturaitė A. 2016. Lietuvos gyventojų tankumo kartografavimo metodų lyginamoji analizė. VU Kartografijos centras. /Magistro darbas/

Vaitkus G. 2005. Lietuvos CORINE žemės dangos GIS duomenų bazės taikomojo panaudojimo aplinkosaugos srityje studija. *Aplinkos apsaugos agentūra*. <http://gamta.lt/files/ataskaita1.pdf> (paskutinį kartą žiūrėta 2018-05-29)

PRIEDAI

1 Priedas. Gyventojų skaičius Lietuvos apskrityse ir savivaldybėse 2011 metų surašymo duomenimis (Lietuvos gyventojai 2011, 2013).

	Iš viso		
Iš viso	3043429		
Alytaus apskritis	157766		
Alytaus m. sav.	59964		
Alytaus r. sav.	28167		
Druskininkų sav.	21803		
Lazdijų r. sav.	22455		
Varėnos r. sav.	25377		
Kauno apskritis	608332		
Birštono sav.	4626		
Jonavos r. sav.	46519		
Kaišiadorių r. sav.	33786		
Kauno m. sav.	315993		
Kauno r. sav.	85998		
Kėdainių r. sav.	54057		
Prienų r. sav.	29859		
Raseinių r. sav.	37494		
Klaipėdos apskritis	339062		
Klaipėdos m. sav.	162360		
Klaipėdos r. sav.	51308		
Kretingos r. sav.	41345		
Neringos sav.	2570		
Palangos m. sav.	15732		
Skuodo r. sav.	20591		
Šilutės r. sav.	45156		
Marijampolės apskritis	161649		
Kalvarijos sav.	12056		
Kazlų Rūdos sav.	13235		
Marijampolės sav.	61366		
Šakių r. sav.	32488		
Vilkaviškio r. sav.	42504		
Panevėžio apskritis	250390		
Biržų r. sav.	28171		
Kupiškio r. sav.	20251		
Panevėžio m. sav.	99690		
Panevėžio r. sav.	39011		
Pasvalio r. sav.	28378		
		Rokiškio r. sav.	34889
		Šiaulių apskritis	301686
		Akmenės r. sav.	23307
		Joniškio r. sav.	26173
		Kelmės r. sav.	32412
		Pakruojo r. sav.	23745
		Radviliškio r. sav.	42389
		Šiaulių m. sav.	109328
		Šiaulių r. sav.	44332
		Tauragės apskritis	110059
		Jurbarko r. sav.	30186
		Pagėgių sav.	9500
		Šilalės r. sav.	26520
		Tauragės r. sav.	43853
		Telšių apskritis	152078
		Mažeikių r. sav.	58242
		Plungės r. sav.	38151
		Rietavo sav.	8691
		Telšių r. sav.	46994
		Utenos apskritis	152004
		Anykščių r. sav.	28668
		Ignalinos r. sav.	18386
		Molėtų r. sav.	20700
		Utenos r. sav.	43275
		Visagino sav.	22585
		Zarasų r. sav.	18390
		Vilniaus apskritis	810403
		Elektrėnų sav.	24975
		Šalčininkų r. sav.	34544
		Širvintų r. sav.	17571
		Švenčionių r. sav.	27868
		Trakų r. sav.	34411
		Ukmergės r. sav.	40055
		Vilniaus m. sav.	535631
		Vilniaus r. sav.	95348

2 Priedas. Gyventojų darbinė lentelė (CORINE2012 + GYV. SK. SAV.).

FID	Count	GYV_SK	CELL_DENS	POP_AREA	POP_DENS	VARDAS
0	147454	28171	0.191049412	146131	0.192779082	Biržų r. sav.
1	121577	58242	0.479054426	120341	0.483974705	Mažeikių r. sav.
2	84301	23307	0.276473589	82854	0.281302049	Akmenės r. sav.
3	90680	20591	0.227073225	90155	0.228395541	Skuodo r. sav.
4	115145	26173	0.227304703	113958	0.229672335	Joniškio r. sav.
5	131503	23745	0.180566223	130941	0.181341215	Pakruojo r. sav.
6	128923	28378	0.220115883	128611	0.220649867	Pasvalio r. sav.
7	180833	44332	0.245154369	177382	0.249923893	Šiaulių r. sav.
8	180805	34889	0.192964796	175058	0.199299661	Rokiškio r. sav.
9	98947	41345	0.41784996	98372	0.42029236	Kretingos r. sav.
10	110611	38151	0.344911446	107832	0.353800356	Plungės r. sav.
11	143738	46994	0.326942075	139918	0.335868151	Telšių r. sav.
12	7921	15732	1.986112865	7821	2.01150748	Palangos m. sav.
13	108036	20251	0.187446777	104881	0.193085497	Kupiškio r. sav.
14	8080	109328	13.53069307	6632	16.48492159	Šiaulių m. sav.
15	133094	18390	0.138173021	117624	0.156345644	Zarasų r. sav.
16	217696	39011	0.179199434	216315	0.180343481	Panevėžio r. sav.
17	133775	51308	0.383539525	121044	0.42387892	Klaipėdos r. sav.
18	163345	42389	0.259505954	159318	0.266065354	Radviliškio r. sav.
19	170485	32412	0.190116433	166615	0.194532305	Kelmės r. sav.
20	58495	8691	0.148576801	57938	0.150005178	Rietavo sav.
21	9799	162360	16.56903766	8824	18.39981868	Klaipėdos m. sav.
22	5040	99690	19.7797619	4981	20.0140534	Panevėžio m. sav.
23	176619	28668	0.162315493	173687	0.165055531	Anykščių r. sav.
24	122919	43275	0.352061113	118594	0.364900417	Utenos r. sav.
25	9353	2570	0.274778146	8949	0.287182925	Neringos sav.
26	118714	26520	0.223394039	117680	0.2253569	Šilalės r. sav.
27	5802	22585	3.892623233	5413	4.17236283	Visagino m. sav.
28	144115	18386	0.12757867	131176	0.140162835	Ignalinos r. sav.
29	171361	45156	0.263513868	134947	0.334620258	Šilutės r. sav.
30	157229	37494	0.238467458	155703	0.240804609	Raseinių r. sav.

31	167582	54057	0.322570443	166168	0.325315344	Kėdainių r. sav.
32	139485	40055	0.287163494	137636	0.291021244	Ukmergės r. sav.
33	117878	43853	0.372020224	114868	0.381768639	Tauragės r. sav.
34	136677	20700	0.151451963	124686	0.166017035	Molėtų r. sav.
35	150707	30186	0.200295938	148629	0.2030963	Jurbarko r. sav.
36	169031	27868	0.164869166	160386	0.173755814	Švenčionių r. sav.
37	53461	9500	0.177699632	52379	0.181370397	Pagėgių sav.
38	94394	46519	0.49281734	93004	0.500182788	Jonavos r. sav.
39	149526	85998	0.575137434	143282	0.600201002	Kauno r. sav.
40	90574	17571	0.19399607	88175	0.199274171	Širvintų r. sav.
41	144812	32488	0.224346049	143375	0.226594595	Šakių r. sav.
42	212896	95348	0.447861867	208110	0.458161549	Vilniaus r. sav.
43	108701	33786	0.310815908	105469	0.320340574	Kaišiadorių r. sav.
44	15702	315993	20.12437906	14462	21.84988245	Kauno m. sav.
45	55430	13235	0.238769619	54211	0.244138643	Kazlų Rūdos sav.
46	50816	24975	0.491479062	47383	0.527087774	Elektrėnų sav.
47	40047	535631	13.37505931	39423	13.58676407	Vilniaus m. sav.
48	103006	29859	0.289876318	100616	0.296761946	Prienų r. sav.
49	126294	42504	0.336548055	125146	0.339635306	Vilkaviškio r. sav.
50	120775	34411	0.284918236	114941	0.299379682	Trakų r. sav.
51	75533	61366	0.812439596	73423	0.835787151	Marijampolės sav.
52	12401	4626	0.373034433	11578	0.399550872	Birštono sav.
53	140080	28167	0.201077955	130764	0.215403322	Alytaus r. sav.
54	149412	34544	0.231199636	147294	0.234524149	Šalčininkų r. sav.
55	43950	12056	0.274311718	43309	0.278371701	Kalvarijos sav.
56	221972	25377	0.11432523	213497	0.118863497	Varėnos r. sav.
57	4021	59964	14.91270828	3885	15.43474903	Alytaus m. sav.
58	130679	22455	0.171833271	120813	0.185865759	Lazdijų r. sav.
59	45554	21803	0.478618782	44371	0.491379505	Druskininkų sav.

LIETUVOS GYVENTOJŲ DAZIMETRINIS KARTOGRAFAVIMAS**Magistro darbas****Dalia Klimavičiūtė***Vilnius University**Kartografijos ir geoinformatikos katedra***SANTRAUKA**

Šis darbas pristato dazimetrinį gyventojų kartografavimą bei jo procese naudojamus metodus, skirtus gyventojų perskaičiavimui. Dazimetrinių žemėlapių kūrimo įrankių rinkinys buvo panaudotas sukuriant Lietuvos gyventojų tankumo dazimetrinius žemėlapius. CORINE ir GDR10LT duomenų bazės buvo pritaikytos kaip pagalbiniai duomenys, atsižvelgiant į tai, jog žemės danga geriausiai atspindi gyventojų pasiskirstymą ir tankį, taip teikdama geoinformacinius duomenis skirtus gyventojų surašymo duomenų skirstymui. Darbo metu keliamas klausimas kaip gyventojai yra pasiskirstę Lietuvos žemės dangos klasėse, todėl ypatingas dėmesys buvo skiriamas potencialios tankumo vertės nustatymui kokios žemės dangos klasės turėtų sudaryti grupes ir kokį potencialių tankumą joms priskirti.

Prasminiai žodžiai: gyventojų tankumas, gyventojų skaičius, teminis žemėlapis, dazimetrinis žemėlapis, GIS.

DASYMETRIC MAPPING OF LITHUANIA POPULATION**Master work****Dalia Klimavičiūtė***Vilnius University**Department of Cartography and Geosciences***SUMMARY**

This paper presents research results on the dasymetric mapping of population and population disaggregation methods are used in process. Dasymetric mapping toolbox was used to create dasymetric population density maps of Lithuania. After The CORINE Land Cover (CLC) and GDR10LT databases were utilized as ancillary data because the land cover pattern best reflects population density and provides useful georeferenced information for disaggregating census data. The first issued addressed was how is population distributed among land cover classes in Lithuania. Special attention was made to pick relative density for the population ratio in land cover classes.

Keywords: population density, census data, thematic map, choropleth map, dasymetric map, GIS..

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO VERTINIMO LAPAS

Darbo autorius:
(parašas) (vardas, pavardė)

Mokslinis darbo vadovas:
(mokslinis laipsnis, mokslinis vardas, vardas, pavardė)
(parašas)

Recenzentas:
(mokslinis laipsnis, mokslinis vardas, vardas, pavardė)
(parašas)

Kartografijos centro
vedėjas:
(mokslinis laipsnis, mokslinis vardas, vardas, pavardė)
(parašas)

Darbo gynimo data:

Darbo įvertinimas:
(balas skaičiumi, balas raštu)

Baigiamųjų darbų gynimo
komisijos pirmininkas:
(mokslinis laipsnis, mokslinis vardas, vardas, pavardė)
(parašas)

Baigiamųjų darbų gynimo
komisijos sekretorius:
(parašas) (vardas, pavardė)