



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

GEODEZIJOS IR KADASTRO KATEDRA

Žana Karpina

**DAUGIAKRITERINIAI SPRENDIMAI NEKILNOJAMOJO TURTO PLĖTRAI
PLANUOTI, ĮVERTINANT APLINKOS GEORODIKLIUS**

**MULTIPLE CRITERIA DECISIONS OF THE ESTATE DEVELOPMENT
PLANNING, ASSESSING ENVIRONMENTAL GEO-FACTORS**

Baigiamasis magistro darbas

Geodezijos ir kartografijos studijų programa, valstybinis kodas 621H14003

Kadastro informacinių sistemų specializacija

Bendrosios inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2013

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

GEODEZIJOS IR KADASTRO KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

Prof. dr. doc. Vladislovas

Česlovas Aksamitauskas

(Vardas, pavardė)

(Data)

Žana Karpina

**DAUGIAKRITERINIAI SPRENDIMAI NEKILNOJAMOJO TURTO PLĖTRAI
PLANUOTI, ĮVERTINANT APLINKOS GEORODIKLIUS**

**MULTIPLE CRITERIA DECISIONS OF THE ESTATE DEVELOPMENT
PLANNING, ASSESSING ENVIRONMENTAL GEO-FACTORS**

Baigiamasis magistro darbas

Geodezijos ir kartografijos studijų programa, valstybinis kodas 621H14003

Kadastro informacinių sistemų specializacija

Bendrosios inžinerijos studijų kryptis

Vadovas

Prof. habil. dr. Algimantas Zakarevičius
(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Lietuvių kalbos konsultantas

lektorė Regina Žukienė
(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2013

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
GEODEZIJOS IR KADASTRO KATEDRA

Bendrosios inžinerijos studijų kryptis

Geodezijos ir kartografijos studijų programa, valstybinis kodas 621H14003

Kadastro informacinių sistemų specializacija

TVIRTINU

Katedros vedėjas

(Parašas)

Prof. dr. doc. Vladislovas

Česlovas Aksamitauskas

(Vardas, pavardė)

(Data)

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO
UŽDUOTIS

Nr.

Vilnius

Studentui (ei) Žanai Karpina

(Vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema: Daugiakriteriniai sprendimai nekilnojamojo turto plėtrai planuoti, įvertinant aplinkos georodiklius

patvirtinta 2011 m. lapkričio 30 d. dekanų potvarkiu Nr. 414 ap

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2013 m. birželio 3 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

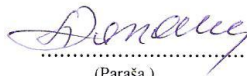
Ištirti aplinkos georodiklių tarpusavio koreliacinės priklausomybės įtaką daugiakriterinių sprendinių nekilnojamojo turto plėtrai planuoti rezultatams.

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai:

lektorė Regina Žukienė

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Vadovas

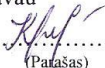


(Paraša)

Prof. habil. dr. Algimantas Zakarevičius

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Užduotį gavau



(Parašas)

Žana Karpina

(Vardas, pavardė)

2013.02.04

(Data)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Aplinkos inžinerijos fakultetas
Geodezijos ir kadastro katedra

ISBN ISSN
Egz. sk.
Data-.....-.....

Antrosios pakopos studijų **Geodezijos ir kartografijos** programos baigiamasis darbas 4 (kadastro informacinės sistemos)
Pavadinimas **Daugiakriteriniai sprendimai nekilnojamojo turto plėtrai planuoti, įvertinant aplinkos georodiklius**
Autorius **Žana Karpina**
Vadovas **prof. habil. dr. Algimantas Zakarevičius**

Kalba: lietuvių

Anotacija

Darbo tikslas – ištirti aplinkos georodiklių tarpusavio koreliacinės priklausomybės įtaką daugiakriterinių sprendinių nekilnojamojo turto plėtrai planuoti rezultatams.

Tyrimų objektas – Lietuvos teritorija.

Duomenys tyrimams – aplinkos georodikliai ir susirgimų sklaida Lietuvos teritorijoje.

Tyrimų metodai – matematinė statistinė analizė, daugiakriterinė analizė ir daugiatikslų sprendimų priėmimo metodai.

Tyrimo rezultatų mokslinis naujumas – Lietuvos teritorijos rangavimas pagal riziką susirgti tam tikromis ligomis ir sukurta patobulinta rangavimo metodika teiktų papildomą kadastrų informaciją nekilnojamojo turto plėtros planavimui.

Galimas praktinis rezultatų panaudojimas – vertinant teritorijas sveikatingumo požiūriu, nekilnojamojo turto plėtros planavimui, pasirenkant gyvenamąją vietą, nustatant nekilnojamojo turto rinkos vertę.

Darbą sudaro: įvadas, 3 skyriai, išvados, literatūros sąrašas, priedai.

Darbo apimtis – 77 p. teksto be priedų, 33 paveikslų, 22 lentelių.

Prasminiai žodžiai: georodikliai, koreliacinė analizė, rangavimas, susirgimai, daugiakriterinė analizė, daugiakriteriniai sprendimai, TOPSIS metodas, TOPSIS-M metodas.

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Environmental Engineering
Department of Geodesy and Cadastre

ISBN ISSN
Copies No.
Date-.....-.....

Master Degree Studies **Geodesy and Cartography** study programme Final Thesis 4 (Cadastre Information Systems)

Title **Multiple Criteria Decisions of the Estate Development Planning, Assessing Environmental Geo-Factors**

Author **Žana Karpina**

Academic supervisor **Prof Dr Habil Algimantas Zakarevičius**

Thesis language:
Lithuanian

Annotation

The aim of the work is analyze the correlation between environmental geo-factors and risk of different illnesses and to rank Lithuanian regions by disfavor and disfavour of particular illnesses groups.

The object of the research – the territory of Lithuania.

Data for analysis - environmental geo-factors and disease dissemination in Lithuania.

The method of the research – the mathematical statistical analysis, the multiobjective analysis and the multipurpose awards acceptatnce method.

The study results of scientific novelty - Lithuania's territory rankings according to risk of developing certain diseases and created an improved ranking methodology to provide additional information for cadastres.

Its is possible the practical results using – to value the territories according as the attitude of healthy; evaluated the market value of the realty, choosing the living place.

Possible practical use of the results - in terms of assessing the areas by health according to real estate development planning, choosing a place of residence, evaluated the market value of the realty.

It includes: an introduction, 3 chapters, the conclusion, references, additions.

The size of the thesis - 77 pages of the text without additions, 33 illustrations, 22 charts.

Keywords: geo-factors, the correlative analysis, ranking of alternatives, illnesses, the multiobjective analysis, multiple criteria decisions, TOPSIS method, TOPSIS-M method.

Vilniaus Gedimino technikos universiteto egzaminų,
sesijų ir baigiamųjų darbų rengimo bei gynimo
organizavimo tvarkos aprašo 2011-2012 m. m.

1 priedas

(Baigiamojo darbo sąžiningumo deklaracijos forma)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Žana Karpina, 20073517

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Aplinkos inžinerijos fakultetas

(Fakultetas)

Geodezija ir kartografija, KISmf-11

(Studijų programa, akademinė grupė)

**BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO)
SĄŽININGUMO DEKLARACIJA**

2013 m. birželio 2 d.

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas tema „Daugiakriteriniai sprendimai nekilnojamojo turto plėtrai planuoti, įvertinant aplinkos georodiklius“ patvirtintas 2011 m. lapkričio 30 d. dekanų potvarkiu Nr. 414ap, yra savarankiškai parašytas. Šiame darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Prenkant ir įvertinant medžiagą bei rengiant baigiamąjį darbą, mane konsultavo mokslininkai ir specialistai: Regina Žukienė. Mano darbo vadovas prof. habil. dr. Algimantas Zakarevičius.

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą nėra. Jokių įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs (-usi).


(Parašas)

Žana Karpina
(Vardas ir pavardė)

(the document of Declaration of Authorship in the Final Degree Paper)

VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY

Žana Karpina, 20073517

(Student's given name, family name, certificate number)

Faculty of Environmental Engineering

(Faculty)

Geodesy and Cartography, KISmf-11

(Study programme, academic group no.)

**DECLARATION OF AUTHORSHIP
IN THE FINAL DEGREE PAPER**

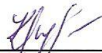
June 2, 2013

I declare that my Final Degree Paper entitled „Multiple Criteria Decisions of the Estate Development Planning, Assessing Environmental Geo-Factors“ is entirely my own work. The title was confirmed on November 30, 2011 by Faculty Dean's order No. 414ap. I have clearly signalled the presence of quoted or paraphrased material and referenced all sources.

I have acknowledged appropriately any assistance I have received by the following professionals/advisers: Regina Žukienė.

The academic supervisor of my Final Degree Paper is Prof Dr Habil Algimantas Zakarevičius.

No contribution of any other person was obtained, nor did I buy my Final Degree Paper.


(Signature)

Žana Karpina
(Given name, family name)

TURINYS

IVADAS	11
1. LITERATŪROS APŽVALGA	13
1.1. Daugiakriteriniai sprendimo metodai.....	13
1.2. Teritorijos georodiklių ir gyvenimo kokybės sąsajų matematinis statistinis vertinimas	20
1.3. Daugiakriterinių sprendimų taikymas nekilnojamojo turto plėtrai vertinti	21
2. TYRIMŲ METODIKA	25
2.1. Daugiakriterinio vertinimo metodologiniai principai	25
2.2. Daugiakriterinių sprendimų priėmimas taikant atstumo idealiam taškui (TOPSIS) metodą.....	26
2.3. Daugiakriterinio vertinimo TOPSIS metodo tobulinimas, įvertinant rodiklių tarpusavio priklausomybę	28
2.4. Rodiklių matematinės statistinės priklausomybės vertinimas	31
2.5. Georodiklių atrankos ir jų reikšmingumų (svorių) nustatymo metodika	35
3. EKSPERIMENTINIAI SKAIČIAVIMAI.....	36
3.1. Eksperimentinis objektas ir duomenys tyrimams	36
3.2. Rodiklių matematinė statistinė priklausomybė	41
3.3. Analizei atrinkti rodikliai ir jų reikšmingumai (svoriai)	47
3.4. Teritorijų nekilnojamojo turto plėtrai prioritetinio rangavimo, taikant patobulintą TOPSIS metodą, rezultatai	49
3.5. Eksperimentinių skaičiavimų rezultatų analizė.....	68
IŠVADOS	75
LITERATŪRA	76
PRIEDAI.....	78

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1 pav. Normatyvinių metodų klasifikaciją pagal informacijos tipą (Antuchevičienė 2005).....	16
2.1 pav. TOPSIS metodo skaičiavimo eigos aprašymas (Repeikaitė 2010).....	25
3.1 pav. Georodiklių įtaka nervų sistemos ligoms.....	41
3.2 pav. Georodiklių įtaka psichikos ir elgesio sutrikimams.....	42
3.3 pav. Georodiklių įtaka kraujotakos sistemos ligoms.....	43
3.4 pav. Georodiklių įtaka kvėpavimo sistemos ligoms.....	43
3.5 pav. Georodiklių įtaka tuberkuliozei	44
3.6 pav. Georodiklių įtaka cukriniam diabetui	45
3.7 pav. Georodiklių įtaka piktybiniams navikams	46
3.8 pav. Kovariacijos matrica	51
3.9 pav. Koreliacijos matrica	52
3.10 pav. Mathcad 14.0 programos langas a) atvirkštinė koreliacijos matricos skaičiavimas b) Mahalanobi atstumų skaičiavimas	53
3.11 pav. Nervų sistemos ligų rizikos žemėlapis.....	54
3.12 pav. Rizikos nervų sistemos ligoms rangavimo rezultatai	55
3.13 pav. Psichikos ir elgesio sutrikimų rizikos žemėlapis	56
3.14 pav. Rizikos psichikos ir elgesio sutrikimams rangavimo rezultatai.....	57
3.15 pav. Kraujotakos susirgimų rizikos žemėlapis	58
3.16 pav. Rizikos kraujotakos ligoms rangavimo rezultatai.....	59
3.17 pav. Kvėpavimo sistemos ligų rizikos žemėlapis.....	60
3.18 pav. Rizikos kvėpavimo sistemos ligoms rangavimo rezultatai.....	61
3.19 pav. Tuberkuliozės susirgimų rizikos žemėlapis.....	62
3.20 pav. Rizikos tuberkuliozės susirgimams rangavimo rezultatai	63
3.21 pav. Cukrinio diabeto susirgimų rizikos žemėlapis.....	64
3.22 pav. Rizikos cukrinio diabeto susirgimams rangavimo rezultatai	65
3.23 pav. Piktybinių navikų susirgimų rizikos žemėlapis	66
3.24 pav. Rizikos piktybinių navikų susirgimams rangavimo rezultatai.....	67
3.25 pav. Rizikos nervų sistemos ligoms rangavimo rezultatų palyginimas.....	69
3.26 pav. Rizikos psichikos ir elgesio sutrikimams rangavimo rezultatų palyginimas	69

3.27 pav. Rizikos kraujotakos ligoms rangavimo rezultatų palyginimas	70
3.28 pav. Rizikos kvėpavimo sistemos ligoms rangavimo rezultatų palyginimas	71
3.29 pav. Rizikos tuberkuliozės susirgimams rangavimo rezultatų palyginimas.....	72
3.30 pav. Rizikos cukrinio diabeto susirgimams rangavimo rezultatų palyginimas	72
3.31 pav. Rizikos piktybinių navikų susirgimams rangavimo rezultatų palyginimas	73

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1. lentelė. Daugiakriterių metodų palyginimas.....	17
1.2 lentelė. Daugiakriterinio vertinimo metodai ir jų aprašymai.....	18
3.1 lentelė. Ligų paplitimas Lietuvoje	37
3.2 lentelė. Aplinkos georodiklių matavimo vienetai.....	37
3.3. lentelė. Gravitacinio lauko rodikliai	38
3.4 lentelė. Magnetinio lauko rodikliai.....	38
3.5 lentelė. Kraštovaizdžio rodikliai.....	39
3.6 lentelė. Geocheminių elementų koncentracijos	39
3.7 lentelė. Dirvos litologijos rodikliai.....	40
3.8 lentelė. Požeminio vandens rodikliai.....	40
3.9 lentelė. Susirgimų koreliacijos koeficientai.....	47
3.10 lentelė. Svoriai	48
3.11 lentelė. Palankiausio regiono nustatymas nervų sistemos ligų paplitimui (duomenų bazė)	50
3.12 lentelė. Standartizuojami pradiniai duomenys.....	51
3.13 lentelė. Idealūs ir neigiamai idealūs variantai	52
3.14 lentelė. Mahalanobi atstumai ir santykiniai atstumai iki idealaus sprendinio (nervų sistemos ligoms).53	
3.15 lentelė. Mahalanobi atstumai ir santykiniai atstumai iki idealaus sprendinio (psichikos sutrikimams).55	
3.16 lentelė. Mahalanobi atstumai ir santykiniai atstumai iki idealaus sprendinio (kraujotakos ligoms).....57	
3.17 lentelė. Mahalanobi atstumai ir santykiniai atstumai iki idealaus sprendinio (kvėpavimo ligoms).....59	
3.18 lentelė. Mahalanobi atstumai ir santykiniai atstumai iki idealaus sprendinio (tuberkuliozei)	61
3.19 lentelė. Mahalanobi atstumai ir santykiniai atstumai iki idealaus sprendinio (cukriniam diabetui)	63
3.20 lentelė. Mahalanobi atstumai ir santykiniai atstumai iki idealaus sprendinio (piktybiniais navikams)65	

IVADAS

Sprendžiant teritorijų plėtros klausimus ir atsižvelgiant į teritorijų plėtros principus, šiuo metu kadastrė esančių kadastrinių duomenų nepakanka. Darniai nekilnojamojo turto plėtrai planuoti būtinas įvairiapusis sprendimų priėmimas, atrenkant potencialiai geriausius sprendinius iš aibės alternatyvų. Parenkant tinkamiausius variantus naudojamosi kadastrų duomenimis, teritorijų planavimo nuostatomis ir įvairiais sprendimų priėmimo metodų skaičiavimais, bet iki šiol neįvertinti aplinkos georodikliai ir jų sąsajos su gyvenimo kokybės ypatumais ir galimais susirgimais.

Moksliniais tyrimais nustatyta, kad gamtinę aplinką apibūdinantys georodikliai yra susiję su riziką susirgti tam tikromis ligomis. Tai turi įtakos gyvenimo kokybei. Todėl tai reikia įvertinti planuojant nekilnojamojo turto plėtrą, nes gyvenimo kokybei rodikliai susiję su nekilnojamojo turto paklausa, kaina. Dėl to reikalinga ranguoti Lietuvos regionus pagal gyvenimo sąlygų palankumą, o tai būtų papildoma informacija prie kadastrų ir teritorijų planavimo duomenų, siekiant darnios nekilnojamojo turto ir statybų plėtros.

Aktualumas. Planuojant tam tikros paskirties nekilnojamojo turto plėtrą (gyvenamosios statybos, sanatorijų, poilsinių, rekreacinės paskirties statinių) būtina atsižvelgti ir į gyvenimo kokybės rodiklius, kurie turi gana platų spektrą. Be ekonominių, socialinių, saugumo ir kitų plačiai taikomų rodiklių vertinant gyvenimo kokybę, dažnai nevertinama arba nepakankamai vertinama rizika susirgti tam tikromis ligomis pasirenkant teritoriją, kurioje numatoma nekilnojamojo turto plėtra. Tai yra neįvertinamas teritorijų palankumas arba nepalankumas tam tikrų ligų grupių atžvilgiu. Yra pakankamai literatūroje skelbtų duomenų, kad teritorijų palankumas arba nepalankumas (rizika) tam tikrų ligų atžvilgiu priklauso nuo aplinkos gamtinių rodiklių (georodiklių). Todėl reikalinga turėti pagrįstas ir patikimas metodikas, kurias taikant būtų galima įvertinti teritorijų riziką atskiroms ligų grupėms žinant aplinkos gamtinius rodiklius (georodiklius). Turint tokias metodikas, galima būtų atlikti didesnių regionų rangavimą atskirų susirgimų grupių požiūriu.

Darbo tikslas – ištirti aplinkos georodiklių tarpusavio koreliacinės priklausomybės įtaką daugiakriterinių sprendinių nekilnojamojo turto plėtrai planuoti rezultatams.

Tyrimų objektas – Lietuvos teritorija.

Duomenys tyrimams – aplinkos gamtiniai rodikliai (georodikliai) ir susirgimų sklaida Lietuvos teritorijoje.

Tyrimo uždaviniai:

- ✓ išnagrinėti daugiakriterinių sprendinių priėmimo ypatumus, taikant atstumo idealiam taškui (TOPSIS) metodą, įvertinant rodiklių tarpusavio koreliacines priklausomybes;
- ✓ atlikti Lietuvos teritorijos rangavimą pagal mažiausią riziką atskiroms susirgimo grupėms, kai įvertinamos georodiklių tarpusavio priklausomybės;
- ✓ atlikti rangavimo rezultatų palyginimą ir analizę su sprendiniais, gautais neįvertinant rodiklių tarpusavio priklausomybių.

Tyrimų metodai – matematinė statistinė analizė, daugiakriterinė analizė ir daugiatikslių sprendimų priėmimo metodai.

Tyrimo rezultatų mokslinis naujumas – Lietuvos teritorijos rangavimas pagal riziką susirgti tam tikromis ligomis ir sukurta patobulinta rangavimo metodika teiktų papildomą kadastrų informaciją nekilnojamojo turto plėtros planavimui.

Galimas praktinis rezultatų panaudojimas – vertinant teritorijas sveikatingumo požiūriu, nekilnojamojo turto plėtros planavimui, pasirenkant gyvenamąją vietą, nustatant nekilnojamojo turto rinkos vertę.

Šio tyrimo metu gauti sprendiniai bus palyginami su D. Volungevičiūtės (2012) gautais sprendiniais, gautais neįvertinant rodiklių tarpusavio priklausomybių. Šie tyrimai D. Volungevičiūtės tyrimų tęsinys.

Skelbtos publikacijos ir pranešimai konferencijose: 15-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“, Civilinė inžinerija ir geodezija, įvykusios 2012 m. spalio 26 d. pranešimas „Daugiatikslių sprendimų priėmimas, atsižvelgiant į rodiklių priklausomybę“.

Darbą sudaro: įvadas, 3 skyriai, išvados, literatūros sąrašas, priedai.

Darbo apimtis – 77 p. teksto be priedų, 33 paveikslų, 22 lentelių.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Daugiakriteriniai sprendimo metodai

Sprendimų priėmimas – tai daugiasluoksnis procesas, kurio metu pasirenkama alternatyva arba tam tikrai alternatyvai suteikiamas prioritetas (Parsons 2001).

Daugiakriteriniai uždaviniai yra skirti parinkti optimalų sprendimą. Mokslo atstovams ir technikos atstovams dažnai iškyla klausimas – kaip tinkamai priimti efektyvius ir racionalius inžinerinius sprendimus vienu metu vertinant alternatyvius sprendimus pagal keletą vienas kitam prieštaraujančių kriterijų. Ieškant geriausios alternatyvos iš galimų sprendinių, praktikoje naudojamas matematinės statistikos metodai, tiesinis ir dinaminis programavimas, optimizacijos metodai, įvairus hipotezių testavimas bei daugiakriterinis sprendimų priėmimas. Sprendimų priėmimo procesas baigiasi konkrečios alternatyvos pasirinkimu, remiantis nustatytais kriterijais. Sprendimo priėmimo rezultatas visada yra galutinis pasirinkimas, vadinamas sprendimu. Sprendimu gali būti tiek veiksmas, tiek ir nuomonė. Apskritai sprendimų priėmimas yra samprotavimo procesas. Samprotavimo procesas gali būti ir racionalus, ir iracionalus, paremtas aiškiai suformuluotomis ar tik numanomomis prielaidomis (Šarkutė 2009).

Daugiakriterinių sprendimų uždavinių esminis bruožas tas, kad jų sprendinys negali būti geriausias visų kriterijų atžvilgiu. Nuolat reikia ieškoti tokio sprendinio, kuris yra priimtinas visiems kriterijams, bet nėra optimalus kiekvienam kriterijui atskirai.

Dabartinė visuomenė labai dažnai susiduria su įvairiais uždaviniais, kurie siekia gauti optimalų rezultatą mažiausiomis išlaidomis. Daugiakriterinių sprendimų priėmimas (*Multiple Criteria Decision Making (MCDM)*), yra mokslas apie metodus ir procedūras, yra viena iš sprendimų priėmimo teorijos šakų. Nėra nei vieno MCDM metodo, kuris būtų visuotinai ar bent daugumos mokslo ir technikos ekspertų pripažintas kaip geriausias. Daugelis mokslo atstovų daugiakriterinius sprendimo priėmimo metodus daliai į dvi grupes:

1. Daugiatikslius vienetinių sprendimų priėmimo (*MADM – Multi(ple) Attribute Decision Making*) – kai įvertinus nagrinėjamas alternatyvas jos išrikiuojamos pagal racionalumą;
2. Daugiaobjekčius sprendimo priėmimo metodus (*MODM – Multi(ple) Objective Decision Making*) – kai nagrinėjamos vektorinio maksimumo problemos (Antuchevičienė 2005).

Daugiatiksliai vienetiniai sprendimų priėmimo metodai sprendžia uždavinius diskrečioje erdvėje, o daugiaobjekčiai sprendimo priėmimo metodai nagrinėja vektorinio maksimumo problemas tolydžioje

sprendimų erdvėje. Moksliniuose tyrimuose ir publikacijose dažnai daugiakriterinių (MCDM) ir daugiatislių (MADM) sprendimų priėmimo metodų sąvokos naudojamos tai pačiai metodų klasei apibūdinti. Lietuvos ir užsienio šalių mokslininkai, atlikdami daugiakriterinį alternatyvių sprendimų vertinimą bei daugiakriterinę projektų analizę, naudoja daugiatislius sprendimo priėmimo metodus, todėl abi sąvokos (daugiakriterinis ir daugiatislis) yra sinonimai, apibūdinantys daugiatislių vienetinių sprendimų priėmimo grupės metodus (Antuchevičienė 2005).

Yra sukurta daug metodų daugiatisliams uždaviniams spręsti, nuo paprastų, kurių naudojimui reikia labai nedaug informacijos, iki sudėtingų, pagrįstų matematiniu programavimu, įvertinančių išplėstinę informaciją apie kiekvieną rodiklį bei sprendimą priimančių asmenų prioritetus. Kompleksinė šių metodų klasifikacija nagrinėjama toliau šiame poskyryje.

Kiekvienas autorius literatūros šaltiniuose pateikia įvairią metodų klasifikaciją. Metodai klasifikuojami pagal skirtingus klasifikacinius požymius. Darbe pateikiu daugiakriterinių sprendimo priėmimo metodų klasifikaciją į kelias stambias grupes pagal svarbiausius požymius.

Chen ir Hwang bei Triantaphyllou pagal naudojamų duomenų tipą, sprendimo priėmimo metodus skirstomi į tris metodų grupes:

- 1) deterministinius,
- 2) stochastinius,
- 3) neapibrėžtųjų aibių.

Galimi atvejai, kai jungiami įvairių tipų duomenys, pvz.: naudojami stochastiniai ir neapibrėžtųjų aibių deriniai ar kitos kombinacijos (Antuchevičienė 2005).

Hwang, Yoon (1981) ir Zavadskas (1987) klasikinių metodų grupę suskirstyto į du pogrupius:

a) kompensacinių – naudojant kompensacinius metodus, nepageidautinas rezultatas vienos tikslo funkcijos atžvilgiu gali būti kompensuojamas kitos tikslo funkcijos pageidautinu rezultatu, o vertinant statybos projektus, projekto efektyvumo sumažėjimą pablogėjus vienam rodikliui kompensuoti galima gerinant jį pagal kitus rodiklius. E. K. Zavadskas kompensacinius metodus klasifikuoja į tris pogrupius:

- naudingiausio varianto išrinkimo naudingumo funkcija;
- kompromiso modelius, kuriuose išrenkamas artimiausias idealiam variantas;
- sprendimų suderinamumo (konkordantiškumo) modelius, kuriuose nustatomi

didžiausio suderinamumo lygio prioritetiniai santykiai.

b) nekompensacinių metodų – nekompensaciniuose metoduose nepageidautinas rezultatas vienos tikslo funkcijos atžvilgiu nėra kompensuojamas kitos tikslo funkcijos pageidautinu rezultatu. E. K. Zavadskas nekompensaciniams metodams priskiria lošimų teorijos modelius.

Guitouni ir Martel išskiria trečiąją pogrupį pagal kompensacijos laipsnį – pusiau kompensacinius metodus. Bet šiai kategorijai nedaug daugiatislių sprendimų priėmimo metodų galima priskirti (Antuchevičienė 2005).

Dar vienas svarbus daugiatislių metodų skirstymas į:

- 1) klasikinius,
- 2) technologinius.

Esminiai skirtumai tarp šių grupių metodų pasireiškia tuo, kad taikant klasikinius metodus, visos alternatyvos išrikiuojamos tranzityvine tvarka tam, kad galima būtų išrinkti potencialiai geriausias, tačiau tai neturi reikšmės taikant nedominuojančių variantų aibės išrinkimo metodus (Antuchevičienė 2005).

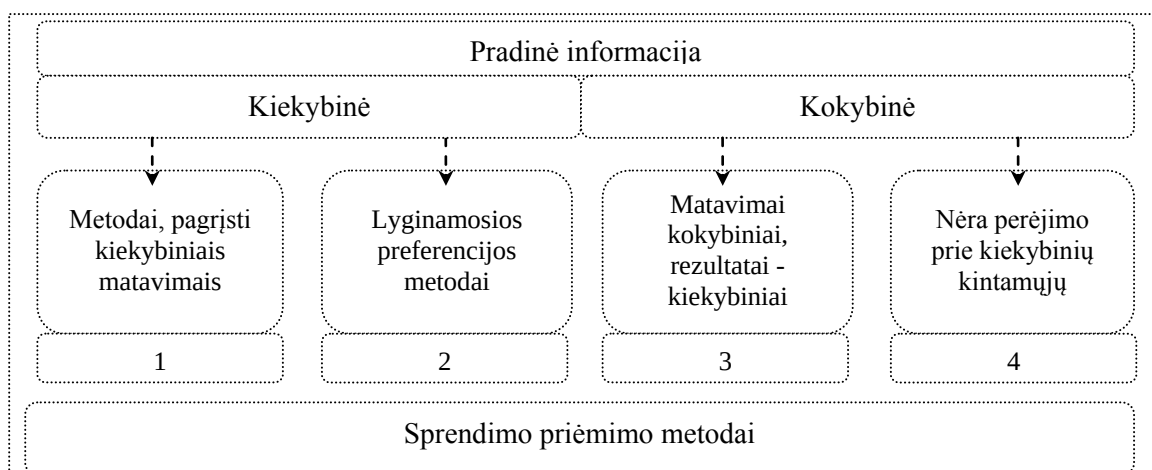
Dar viena svarbi metodų klasifikacija – pagal asmenų kiekį priimančių sprendimą, pagal asmenų kiekį dalyvaujančių sprendimo priėmimo procese. Šią klasifikaciją Triantaphyllou (2000) pateikia kaip vieną iš pagrindinių. Metodai skirstomi į:

- a) vieno sprendimų priėmėjo,
- b) grupinius sprendimo priėmimo metodus.

Literatūroje plačiai taikoma daugiakriterinių sprendimo priėmimo metodų klasifikacija pagal turimos pradinės informacijos kokybę ir kiekį, t.y. svarbiausius šios informacijos bruožus. Dauguma autorių siūlo artimo pobūdžio klasifikaciją, besiskiriančią tik konkrečių metodų įvardijimo išsamumu bei gausa. Esminis skirtumas tarp skirtingų autorių pateikiamų klasifikacijų – vieni jų metodus skiria tik pagal informacijos apie rodiklius pobūdį, o kiti įveda informacijos apie alternatyvas kategorijas. Mokslininkai Greening ir Bernow (2004) pagal išvardytus požymius metodus skiria į dvi pagrindines grupes:

- 1) normatyvinius – jie naudojami, kuomet turima labai mažai informacijos apie projekto bei sprendimo aplinką ar šios informacijos visai nėra, o sprendimo priėmimo procesas modeliuojamas,
- 2) preskriptyvinius arba pagrįstus – žinomi sprendimo priėmėjo tikslai ir turima pilna informacija apie vertinamus projektus (Antuchevičienė 2005).

O. Laričevas pasiūlė dar vieną iš naujausių ir išsamių normatyvinių metodų klasifikaciją pagal sprendimus priimančio asmens turimą informacijos tipą. Normatyvinių metodų klasifikaciją pagal informacijos tipą vaizduojama 1.1 pav.



1.1 pav. Normatyvinių metodų klasifikaciją pagal informacijos tipą (Antuchevičienė 2005)

- 1-osios grupės metodų tiek pradiniai duomenys, tiek rezultatai yra kiekybiniai. Šitai grupei priskiriami daugiakriterinės naudingumo teorijos metodai bei nemažai kitų metodų: TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*), LINMAP (*Linear Programming Techniques for Multidimensional Analysis of Preference*), SAW (*Simple additive Weighting*) ir kt. Šios grupės metodai griežtai matematiškai pagrįsti aksiomomis ir juos patogų taikyti, nes kiekvienos alternatyvos naudingumas išreiškiamas kiekybine forma, šias reikšmes nesunku tarpusavyje palyginti. Šių metodų silpnoji pusė ta, jog atliekant kiekybinius matavimus sunku išvengti netikslumų dėl žmonių ar kito pobūdžio klaidų.

- 2-osios grupės metodai – lyginamosios preferencijos metodai, kurie pagrįsti kiekybiniais matavimais, naudojant kelis indikatorius alternatyvoms lyginti. Šiems metodams priskiriami populiarūs ELECTRE (*Elimination Et Choix Traduants la Realite*) grupės metodai, PROMETHEE I, II, ORESTE, UTA, MELCHIOR ir kt. Šios grupės metodai yra mažiau jautrūs matavimo klaidoms, bet gali nukentėti rezultato tikslumas dėl metodų nejautrumo. Metodų esmė - porinis alternatyvų lyginimas, tikrinant vienos alternatyvos pranašumo kitos atžvilgiu hipotezę sutikimo ir nesutikimo indeksais.

- 3-osios grupės metoduose – pradiniai duomenys yra pateikiami kokybine išraiška, o rezultatai yra gaunami kiekybine forma. Ši grupė apima du pagrindinius pogrupius: neapibrėžtųjų aibių ir analitinės hierarchijos metodus. Metodų įvertinimas sprendimo priėmimo patogumo, tikslumo ir išsamumo požiūriu panašus kaip pirmajai grupei priskirtų metodų: visada galima palyginti atskirų alternatyvų sprendinių naudingumą, bet metodai yra itin jautrūs matavimo klaidoms. Šių metodų jautrumą galima interpretuoti teigiamai, kaip rezultatų jautrumą pradinės informacijos, aplinkos būklių, pokyčiams. Tuo tarpu antrosios grupės metodų nejautrumas gali būti traktuojamas kaip jų trūkumas, nes net žymiai ir

reikšmingai pasikeitus sprendinius apibūdinančių rodiklių reikšmėms, tačiau sprendinių naudingumo prioritetiškumas gali likti nepakitęs.

- 4-osios grupės metodai – jie išsiskiria tuo, kad juose naudojami kokybiniai duomenys, netaikant perėjimo prie kiekybinių kintamųjų. Šiai grupei priskiriami verbalinės analizės metodai: ЗАПРОС, ЦИКЛ, ОПКИАСС ir kiti. Atliekamas lyginamasis žodinis alternatyvų kokybės vertinimas pagal atskirus kriterijus. Verbalinės analizės metodai gali būti pritaikomi uždaviniams statybos srityje spręsti, bet kai kuriuose metoduose ribotas alternatyvų arba rodiklių skaičius, todėl sudėtinga į rodiklių skalę įtraukti kiekybinius vertinimus (Antuchevičienė 2005).

Toliau pateiktoje 1.1 lentelėje pateikiamas daugiakriterių metodų (AHP, Fuzzy, WSM, WPM, ELECTRE PROMETHEE, TOPSIS, MAULT) palyginimas šiais kriterijais: pasaulinė praktika inžineriniams MCDA uždaviniams spręsti, grupinis sprendimų priėmimas, ar naudoja hierarchinę uždavinio struktūrą, ar užtikrina įverčių suderinamumą, kokybinių kriterijų įvertinimas, skirtingos kriterijų matavimo dimensijos, metodo suprantamumas, darbo sąnaudos. Naudojantis šią lentelę galime atrinkti, kokius iš pateiktų populiariausių metodų galime pasirinkti tyrimams.

1.1. lentelė. Daugiakriterių metodų palyginimas (Poškas 2011)

	AHP	Fuzzy	WSM	WPM	ELECTRE PROMETHEE	TOPSIS	MAULT
Pasaulinė praktika inž. MCDA uždaviniams spręsti	+	+/-	-	-	+/-	+/-	+/-
Grupinis sprendimų priėmimas	+/-	+	+	+	+/-	+/-	+/-
Naudoja hierarchinę uždavinio struktūrą	+	-	-	-	-	-	-
Užtikrina įverčių suderinamumą	+	-	-	-	+	+	+
Kokybinių kriterijų įvertinimas	+	+	-	-	+	+	+
Skirtingos kriterijų matavimo dimensijos	+	+	-	+	+	+	+
Metodo suprantamumas	Vidutinis	Vidutinis	Paprastas	Paprastas	Sudėtingas	Sudėtingas	Sudėtingas
Darbo sąnaudos	Vidutinės	Vidutinės	Mažos	Mažos	Didelės	Didelės	Didelės

1.2 lentelėje pateikti populiariausi daugiakriterinio vertinimo metodai su trumpais apibūdinimais bei jų naudojimo privalumais ir trūkumais.

1.2 lentelė. Daugiakriterinio vertinimo metodai ir jų aprašymai (Daukšaitė 2011)

Daugiakriterinio vertinimo metodas	Apibūdinimas	Privalumai	Trūkumai
Paprastų svorių sudėjimo metodas SAW	Paprastų svorių sudėjimo metodas (angl. SAW – Simple Additive Weighting). Šis metodas leidžia įvertinti įvairių dimensijų rodiklius.	Atsižvelgiama į sunkiai išmatuojamus ar visai neišmatuojamas kriterijus.	Dalinių efektyvumo reikšmių sumavimo principas nepakankamai atspindi realybę.
Daugiakriterinis sprendimų priėmimo metodas MCDM-23	Rodiklių reikšmių normalizavimui sudaromos vadinamosios reikšmių įvertinimo skalės, kurios leidžia įvairių mato vienetų rodiklių reikšmes paversti balais. Naudojama vertinimo sistema nuo 4 iki 10 balų. 10 – puiku, 9 – labai gerai, 8 – gerai, 7 pakankamai gerai, 6 – patenkinamai, 5 – sunkiai priimtina, 4 – nepriimtina. Geriausia alternatyva ta, kuri surenka daugiausia taškų.	Vertinimo skalių dėka galima suformuoti idealią alternatyvą. Atlikus įvertinimą tampa aišku, kiek realios alternatyvos skiriasi nuo idealiosios.	Siekiant objektyviai sudaryti įvertinimo skales, būtina aukštos kvalifikacijos ekspertų patirtis.
Hierarchinės analizės metodas ELECTRE	ELECTRE (Elimination et Choice Translating Reality) metodas taiko dominuojančio santykio principą, variantų rangavimui, geriausio varianto nustatymui. Metodo esmė – porinis alternatyvų lyginimas, tikrinant vienos alternatyvos pranašumo kitos atžvilgiu.	Naudojant ELECTRE metodą, nedaroma prielaida, kad kriterijai yra nepriklausomi. Galima įvertinti rodiklių reikšmių svyravimų ribas. Metodas nejautrus matavimo klaidoms.	ELECTRE skaičiavimo metodika neleidžia nustatyti, kiek viena alternatyva yra geresnė už kitą. Kriterijų tarpusavio ryšių pagrindimas naudojamosiose išraiškose nėra visiškai aiškus.
Prioritetiškumo nustatymo metodas TOPSIS	TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). Skaičiuojant šiuo metodu geriausias sprendinys yra tas, kuris yra arčiausiai idealaus sprendinio ir toliausiai nuo blogiausio sprendinio. TOPSIS buvo sukurtas kaip alternatyva ELECTRE metodui	Skaičiuojant TOPSIS metodu, kiekvienas rodiklis turi reikšmingumą, tačiau nėra jokių apribojimų, nustatant rodiklių reikšmingumus ir jų suma nebūtinai turi būti lygi vienetui. Metodas naudojamas esant dideliame rodiklių skaičiui.	Skaičiuojant TOPSIS metodu trumpiausią atstumą iki idealaus teigiamo sprendinio ir ilgiausią atstumą iki idealaus neigiamo sprendinio, nepakankamai įvertinami tų atstumų santykiniai reikšmingumai.

1.2 lentelės tęsinys. Daugiakriterinio vertinimo metodai ir jų aprašymai

Daugiakriterinio kompleksinio proporcingo įvertinimo metodas COPRAS	COPRAS (COMplex PROportional ASsessment method) metodas sukurtas VGTU mokslininkų E. K. Zavadsko ir A. Kaklauskio. Skaičiuojant šiuo metodu nagrinėjamų variantų prioritetiškumas ir jų naudingumo laipsnis tiesiogiai ir proporcingai priklauso nuo alternatyvas adekvačiai apibūdinančių rodiklių sistemos, rodiklių reikšmių ir reikšmingumų dydžių.	COPRAS metodu gana paprasta įvertinti ir išrinkti racionalų variantą, aiškiai matant šio proceso rezultato fizinę prasmę.	Taikant COPRAS metodą, sunku išvengti matavimo netikslumų dėl pasitaikančių žmonių ar kitų klaidų.
Duomenų gaubtinės analizės metodas DEA	DEA (Data Envelopment Analysis) Duomenų gaubtinės analizės metodo esmė – pasirinkti optimalų variantą iš galimų alternatyvų, įvertinant rezultatų ir išteklių santykį.	Vertinimui galima naudoti įvairiais matavimo vienetais išreikštus rodiklius. Rezultatų ir išteklių santykio naudojimas leidžia objektyviau įvertinti veiklos efektyvumą.	Veiksnių ir vertinamų vienetų skaičiaus santykiui taikomas apribojimas. Vertinamų vienetų skaičius turi kelis kartus viršyti veiksmų skaičių.

Problema, kaip parinkti tinkamiausią metodą konkrečiam uždaviniui, padeda spręsti daigiatikslių metodų klasifikacija. Kaip teigiama mokslinėje literatūroje – nėra universalaus metodo tinkamo visiems alternatyviems projektams vertinti. MADM metodo parinkimas priklauso nuo daugelio veiksnių, tokių kaip uždavinio tikslas, jo ypatumai, makro ir mikro aplinkos sąlygos, duomenų tikslumas, patikimumas ir kt. Būtinai metodo ir sprendžiamo uždavinio abipusis atitikimas. Tai reiškia, kad būtinai metodo gebėjimas apdoroti reikiamą analizuojamų alternatyvų bei jas aprašančių rodiklių kiekį, pritaikomumas darbui su kiekybiniais ar kokybiniais duomenimis, galimybė įvertinti variantų ar rodiklių santykinį reikšmingumą. Mokslininkai kaip vieną iš pasirinkimo kriterijų išskiria lėšų ir darbo sąnaudų minimizavimą, bet svarbiausias kriterijus yra skaičiavimo algoritmo bei rezultatų patikimumas (Antuchevičienė 2005).

Rekomenduojama atkreipti dėmesį į šiuos aspektus pasirenkant metodą:

- ✓ Adekvatumas. Daugiakriteriniai uždaviniai dažnai sprendžiami dialoginiais metodais, t.y. dialoge su kompiuteriu turi dalyvauti kompetentingas specialistas arba jų grupė. Metodą galima vadinti tinkamu, jei jį naudodamas vartotojas dirba tiksliai, o turima informacija naudojama racionaliai.
- ✓ Naudojimo paprastumas. Nepatyrusiam vartotojui yra jau sukurti specialūs dialoginių metodų variantai. Įgijęs patirties, vartotojas gali dirbti naudodamas efektyvesnius metodo variantus, skirtus patyrusiam vartotojui.

✓ Efektyvumas. Metodų kūrėjų požiūriu tai pati svarbiausia metodo savybė, nustatoma eksperimentiškai arba įrodoma teoriškai. Ar metodas efektyvus, galima sužinoti tik tada, kai jis jau yra pakankamai plačiai vartojamas, t. y. pakankamai paprastas ir priimtinas daugeliui vartotojų. Metodas laikomas praktiškai efektyviu, tuo atveju, kai juo randami geresni variantai, negu vartojant kitus metodus (Černevič 2004).

Kaip matome, kasdieniniame gyvenime dažnai tenka spręsti optimizavimo uždavinius ir daugelis jų priklauso nuo keleto kriterijų, todėl daugiakriterinių uždavinių sprendimo problema yra tikrai aktuali.

1.2. Teritorijos georodiklių ir gyvenimo kokybės sąsajų matematinis statistinis vertinimas

Sprendžiant teritorijų plėtros klausimus ir atsižvelgiant į teritorijų plėtros principus, šiuo metu kadastrė esančių kadastrinių duomenų nepakanka. Darniai nekilnojamojo turto plėtrai planuoti būtinas įvairiapusis sprendimų priėmimas, atrenkant potencialiai geriausius sprendinius iš aibės alternatyvų. Parenkant tinkamiausius variantus naudojamos kadastrų duomenimis, teritorijų planavimo nuostatomis ir įvairiais sprendimų priėmimo metodų skaičiavimais, bet iki šiol neįvertinti aplinkos georodikliai ir jų sąsajos su gyvenimo kokybės ypatumais ir galimais susirgimais.

Nepaisant nedidelės Lietuvos teritorijos, šalis pasižymi gana didele geologinių ir hidrogeologinių sąlygų įvairove. Yra be galo daug įvairių geologinių parametrų – landšaftas (miškingumas, reljefas ir pan.), dirvožemio litologinė ir cheminė sudėtis, geriamo vandens cheminė sudėtis, geofiziniai laukai. Reikia nustatyti matematinę statistinę sąryšį tarp įvairių georodiklių ir nekilnojamojo turto plėtros. Sprendžiant rekreacinių zonų, sanatorijų, poilsio centrų, gydyklų plėtros klausimus, pasirenkant gyvenamąjį būstą labai svarbūs elementai yra aplinkos kokybė, kraštovaizdis ir pan. Bet dažnai nepakankamai yra įvertinamas aplinkos palankumas ar nepalankumas sveikatai, žmonių elgesio sutrikimams.

Moksliniais tyrimais (Šilupa *et al.* 2004; Šilupa *et al.* 2006; Zakarevičius *et al.* 2011) nustatyta, kad gamtinę aplinką apibūdinantys georodikliai yra susiję su riziką susirgti tam tikromis ligomis. Tai turi įtakos gyvenimo kokybei. Todėl tai reikia įvertinti planuojant nekilnojamojo turto plėtrą, nes gyvenimo kokybei rodikliai susiję su nekilnojamojo turto paklausa, kaina. Dėl to reikalinga ranguoti Lietuvos regionus pagal gyvenimo sąlygų palankumą, o tai būtų papildoma informacija prie kadastrų ir teritorijų planavimo duomenų, siekiant darnios nekilnojamojo turto ir statybų plėtros.

Norint nustatyti, pagal kokius teritorijų georodiklius galima prognozuoti teritorijų palankumą/nepalankumą tam tikrų ligų atžvilgiu, pirmiausia reikalinga nustatyti georodiklių matematines

statistines sąsajas su atskiromis ligų grupėmis, įvertinti šių sąsajų patikimumą. Georodiklių sąsajoms su ligų grupėmis nustatyti taikoma koreliacinė analizė. Detaliai koreliacinės analizės teoriniai klausimai nagrinėjami šio darbo 2.4 ir 2.5 poskyriuose, o praktinio taikymo Lietuvos teritorijoje rezultatai – 3.2 ir 3.3 poskyriuose.

Pritaikius daugiatislius uždavinių sprendimo būdus su pasirinktais kiekybiniais ir kokybiniais kriterijais, galima nustatyti nagrinėjamo reiškinio alternatyvų prioritetinę eilę, kuriose kadastro duomenų kokybė yra aukščiausia. Kokybinių kriterijų reikšmės geriausia nustatyti remiantis statistiniais duomenimis, atliekant skaičiavimus ir apklausų būdu. Panašiai reikia nustatyti ir rodiklių reikšmingumus. Konkretaus rodiklio reikšmingumo prasmė yra ta, kad jis parodo, kiek kartų jo naudingumas objektui, kompleksiskai vertinant alternatyvas, yra didesnis (mažesnis) už kito rodiklio naudingumą (Jonasienė, Demčiuk 2009).

Norint apibrėžti techninius, ekonominius ir kokybinius tikslus, kurie išreiškiami kokybiniais ir kiekybiniais vertinimo kriterijais, apibūdinančiais alternatyvius sprendimus, įvertinti esamą kokybės situaciją, atsižvelgiant į suinteresuotų grupių tikslus ir galimybes, taikomi daugiakriteriniai analizės metodai. Pastaruoju metu vis plačiau taikomi daugiakriterinio vertinimo būdai (MCDM) tiek teoriniams tyrimams, tiek praktinių uždavinių sprendimams. MCDM pagal savo prigimtį yra gana universalūs, juos taikant galima kiekybiškai įvertinti bet kurį sudėtingą reiškinį, kuris yra išreikštas daugeliu rodikliu. Kita vertus, bet kurio tokio pobūdžio uždavinio sprendimo tikslas suranguoti nagrinėjamo reiškinio alternatyvas (Zavadskas *et al.* 1998).

1.3. Daugiakriterinių sprendimų taikymas nekilnojamojo turto plėtrai vertinti

„Nekilnojamasis turtas - žemė ir su ja susiję objektai, kurių buvimo vietos negalima pakeisti, nekeičiant jų naudojimo paskirties arba nemažinant vertės bei ekonominės paskirties, arba turtas, kuris tokiu pripažįstamas įstatymuose. Prie nekilnojamojo turto taip pat priskiriami lėktuvai, jūriniai ir vidaus plaukiojimo laivai bei kosminiai laivai. Prie nekilnojamų daiktų gali būti priskiriami ir kiti nuosavybės objektai, kurių pagrindinis požymis yra privalomas valstybinis nuosavybės teisių registravimas nepriklausomai nuo to, kokios jos yra“ (http://lt.wikipedia.org/wiki/Nekilnojamasis_turtas).

Atliekant nekilnojamojo turto plėtros planavimą ir teritorijų planavimą pagrindinis informacijos šaltinis yra kadastro duomenys. Pastaruoju metu projektuojant miestus, gyvenvietes, teritorijas ir kitus objektus reikalaujama laikytis teritorijų plėtros principų ir koncepcijų. Sprendžiant nekilnojamojo turto plėtros klausimus ir atsižvelgiant į teritorijų plėtros principus, šiuo metu kadastrė esančių kadastrinių

duomenų nepakanka. Pavyzdžiui, sprendžiant rekreacinių zonų, sanatorijų, poilsio centrų, gydyklų plėtros klausimus, pasirenkant gyvenamąjį būstą labai svarbūs elementai yra aplinkos kokybė, kraštovaizdis ir pan. Tačiau dažnai nepakankamai yra įvertinamas aplinkos palankumas ar nepalankumas sveikatai, žmonių elgesio sutrikimams. Gamtinę aplinką apibūdinantys georodikiai yra susiję su riziką susirgti tam tikromis ligomis, o tai turi įtakos gyvenimo kokybei, todėl tai reikia įvertinti planuojant nekilnojamojo turto plėtrą, nes gyvenimo kokybei rodikliai susiję su nekilnojamojo turto paklausa, kaina. Dėl to reikalinga ranguoti Lietuvos regionus pagal gyvenimo sąlygų palankumą, o tai būtų papildoma informacija prie kadastrų ir teritorijų planavimo duomenų, siekiant darnios nekilnojamojo turto ir statybų plėtros.

Šiandien daugiakriterinių sprendimų metodai taikomi kaip sprendimų priėmimo palaikymo sistema. Tam tikslui buvo išspėsta daug tiek socialines, tiek inžinerines problemas nagrinėjančių uždavinių. Didžiausia jų dalis skirta statybų klausimams spręsti. Tai kaimo statinių projektų efektyvumo, investicijų efektyvumo, statybos sutarčių efektyvumo, biuro patalpų remonto ir realizavimo variantų, žemo sklypų ekonomiško tam tikros paskirties pastatų statybai, architektūrinių sprendimų ir investicijų efektyvumo individualių gyvenamųjų namų statybos versle, rangos būdo parinkimo, statybos realių variantų palyginimo, statybos įmonių finansinės būklės, daugiabučių gyvenamųjų namų investicijų efektyvumo, statybos vietų parinkimo komerciniams objektams ir kt. vertinimas (Ginevičius, Podvezko 2008).

Taikant uždavinio sprendimui viena kriterijų, neįmanoma gauti sprendinio, kuris atitiktų geriausią strategiją. Reikia įvertinti daugelį efektyvumo rodiklių ir sukurti efektyvią sudėtingų uždavinių sprendimo metodiką. Sprendimų priėmimo kriterijai – dar gali būti vadinami atributais ar tikslais ir vaizduoja skirtingus aspektus vertinant alternatyvas. Kai kriterijų labai daug, jie gali būti suskirstyti hierarchiškai. Tai reikštų, kad kai kurie kriterijai būtų stambesni ir būtų suskaldyti į subkriterijus. Nevisi daugiakriterių sprendimų analizės metodai naudoja hierarchinę kriterijų struktūrą. Kriterijai skirstomi į tris grupes: kritiniai, kiekybiniai ir kokybiniai. Alternatyvos, netenkinančios kritinių kriterijų, turėtų būti iš karto atmestos. Kiekybiniai kriterijai – nurodo skaitinius aspektus vertinant skirtingas alternatyvas. Kiekybiniai kriterijai išreiškiami konkrečiais matavimo vienetais (pinigais, svorio, tūrio vienetais ir t.t.) ir alternatyvų įvertinimas atsižvelgiant į kiekybinius kriterijus, paprastai, abejonių nekelia. Kokybiniai kriterijai – nurodo ne skaitinius aspektus vertinant skirtingas alternatyvas (Caterino *et al.* 2009; Poškas 2011).

Apskaičiavus kriterijų reikšmes ir reikšmingumus bei taikant projektų daugiakriterinės analizės metodus, nustatomi lyginamų variantų prioritetiškumas, naudingumo laipsnis ir vertė. Apskaičiuojamos viso projekto kiekybinių ir kokybinių kriterijų reikšmės. Kokybinių kriterijų reikšmės ir kriterijų reikšmingumai dažniausiai nustatomos remiantis eksperimentiniais metodais (Zavadskas *et al.* 1998).

Eksperimentiniais metodais nustatę rodyklių reikšmingumus sužinome, kiek vienas kriterijus yra už kitą svarbesnis, bet eksperimentiniais metodais ne visiškai tiksliai apskaičiuojami kiekybinių kriterijų reikšmingumai. Lyginamų projektų analizės rezultatai pateikiami sprendimų matricos pavidalu. Kiekybinė informacija apima kriterijų sistemas ir posistemius, matavimo vienetus, reikšmes ir pradinius reikšmingumus, informaciją apie alternatyvių projekto variantų sudarymą, minimizuojantį ar maksimizuojantį kriterijų. Konceptinė informacija reikalinga norint išsamiau ir tiksliau įvertinti nagrinėjamas alternatyvas, t.y. ji padeda gauti ne tik išsamesnę informaciją, bet taip pat tiksliau sudaryti kriterijų sistemą ir posistemius bei nustatyti kriterijų reikšmes ir reikšmingumus (Zavadskas *et al.* 1998).

Sprendimų matricoje kriterijai grupuojami į dvi grupes: kiekybinius ir kokybinius. Šiuo atveju lengviau atlikti variantų daugiakriterinę analizę, taip pat geriau bus matoma skaičiavimų fizinė prasmė. Projektų daugiakriterinės analizės metu dažniausiai operuojama didelės apimties informacija, todėl ją racionalu apdoroti matriciniu būdu (Zavadskas *et al.* 1998).

Atliekant daugiakriterinę analizę, būtina apibūdinančias kriterijų reikšmes normalizuoti ir po to įvertinti. Tai atlikus atsiranda galimybė tarpusavyje lyginti skirtingų matavimų vienetų kriterijų reikšmes ir nustatyti efektyviausias alternatyvas. Kriterijų vertinimo metu kriterijų normalizuotos reikšmės dauginamos iš jų reikšmingumo, todėl visų kriterijų reikšmingumai privalo būti tarpusavyje suderinti, atsižvelgiant į jų kiekybines ir kokybines charakteristikas. Suderinus tarpusavyje kiekybinių kriterijų reikšmingumus, tas pats atliekama ir su kokybinių kriterijų reikšmingumais. Taigi visų kiekybinių ir kokybinių kriterijų reikšmingumai būna tarpusavyje suderinti (Zavadskas *et al.* 1998).

Nustačius alternatyvas apibūdinančių kriterijų sistemą, apskaičiavus kriterijų reikšmes ir jų pradinius reikšmingumus bei juos pateikus sugrupuotos sprendimų matricos pavidalu, reikia nustatyti realius kriterijų reikšmingumus. Turi būti apskaičiuotos viso projekto kriterijų reikšmės (Zavadskas *et al.* 1998).

Remiantis daugiakriterinės analizės metodais nekilnojamojo turto objektai vertinami atsižvelgiant į parduotų lyginamųjų objektų kainas, nekilnojamojo turto paklausą ir pasiūlą, vietos ekonominę ir demografinę struktūrą, investicijų palankumą, analizuojamus objektus apibūdinančius kiekybinius, kokybinius ir teisinius faktorius. Siekiant kiekybiškai aprašyti nagrinėjamus objektus, remiantis minėtais faktoriais sudaroma kriterijų sistema, apskaičiuojamos kriterijų reikšmės ir reikšmingumai. Bet praktiškai užsakovus labiau domina ne nagrinėjamų objektų reikšmingumas ir prioritetiškumas, bet tai, koks yra objektų naudingumo laipsnis. Užsakovą domina objektas, kuris geriausiai patenkins jo poreikius ir tikslus. Norint tiksliau įvertinti nagrinėjamų objektų gerąsias ir blogąsias savybes, jas palyginti su suinteresuotų grupių poreikiais bei tikslais, būtina nustatyti objekto naudingumo laipsnius. Objekto naudingumo laipsnis tiesiogiai priklauso nuo juos apibūdinančių kriterijų sistemos, reikšmių ir reikšmingumų. Didėjant

nagrinėjamo objekto reikšmingumui, didėja ir jo naudingumo laipsnis. Nustatomi objektų naudingumo laipsniai lyginami su racionaliausiu objektu (Zavadskas *et al.* 1998).

Hwang ir Yoon (1981) sukūrė projektų alternatyvų prioritetiškumo eilės nustatymo teoriją, kuri teigia, kad potencialiai geriausia alternatyva yra mažiausiai nutolusi nuo idealaus sprendimo ir labiausiai nutolusi nuo idealiai neigiamo (blogiausio) sprendinio. Ši teorija vadinama variantų racionalumo nustatymo idealiam taškui metodu (TOPSIS). Lietuvoje TOPSIS metodas gerai žinomas ir taikomas įvairiems uždaviniams spręsti nuo 1986 metų (Antuchevičienė 2005; Poškas 2011).

Sprendimų priėmėjai darnaus vystymo(-si) srityje susiduria su įvairiomis problemomis. Pagrindiniai klausimai, kuriuos turėtų padėti išspręsti panaudotas tinkamas metodas, būtų šie:

- ✓ apibendrinti ir įvertinti skirtingų darnos rodiklių parodymus;
- ✓ maksimaliai suderinti suinteresuotų grupių interesus;
- ✓ kvalifikuotai ir pagrįstai palyginti sprendimo alternatyvas.

Tarkime, kad kiekvieno rodiklio reikšmės nuolat mažėja arba nuolat didėja. Tada galima nustatyti idealiai geriausią sprendimą, kuris yra sudarytas iš geriausių rodiklių reikšmių, ir idealiai blogiausią sprendimą, kuris yra sudarytas iš blogiausių rodiklių reikšmių. TOPSIS metodo sprendimo algoritmą sudaro šie etapai:

- sprendimų, normalizuotos, normalizuotos pasvertos matricių sudarymas;
- nustatoma idealiai geriausia ir idealiai blogiausia alternatyvos;
- nustatomas atstumas tarp lyginamosios i-tosios ir idealiai geriausios/blogiausios alternatyvų;
- nustatomas kiekvieno i-tosios alternatyvos santykinis atstumas iki idealios;
- bei nustatomas racionalumo indeksas (Antuchevičienė 2005; Poškas 2011).

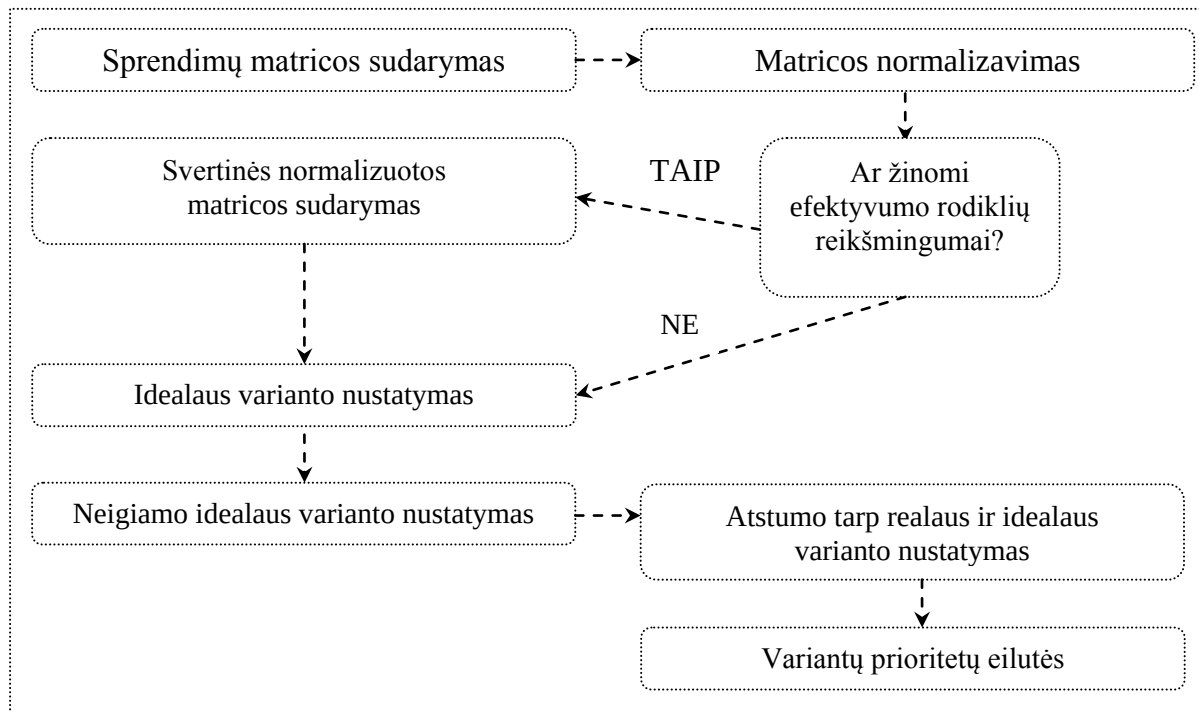
MCDM metodai skirti sprendimams priimti tuomet, kai vertinami konfliktuojantys bei nepriklausomi rodikliai. Tačiau realiuose situacijose, priešingai, nuolat susiduriame su sąveikaujančiais ir tarpusavio priklausomybę turinčiais rodikliais. Dėl šios priežasties kyla poreikis patobulinti sprendimų metodologiją. Šiame darbe siūloma papildyti variantų racionalumo nustatymo metodą TOPSIS, taikant Mahalanobio metodą atstumams nustatyti. Mahalanobio atstumų nustatymo metodas suteikia galimybę įvertinti koreliacines rodiklių priklausomybes priimant daugiatikslį sprendimą. TOPSIS-M metodo taikymas gali turėti esminę įtaką priimant sprendimą (Antuchevičienė *et al.* 2010).

Darbe atliekami tyrimai ir skaičiavimai naudojantis TOPSIS-M metodu, t.y. TOPSIS metodas remiantis Mahalanobis atstumais. Šis metodas taikomas, kai įvertinama rodiklių priklausomybė. Daugiakriterinio vertinimo metodologiniai principai ir metodika pateikti 2.1, 2.2. ir 2.3. poskyriuose.

2. TYRIMŲ METODIKA

2.1. Daugiakriterinio vertinimo metodologiniai principai

Tarkime, kad kiekvieno rodiklio reikšmės nuolat mažėja arba nuolat didėja. Tada galima nustatyti idealiai geriausią sprendimą, kuris yra sudarytas iš geriausių rodiklių reikšmių, ir idealiai blogiausią sprendimą, kuris yra sudarytas iš blogiausių rodiklių reikšmių. Yoonas ir Hwangas sukūrė variantų prioritetiškumo nustatymo metodiką, pagrįstą koncepcija, kad optimali alternatyva turi mažiausią atstumą nuo idealaus sprendimo ir didžiausią atstumą nuo idealiai blogiausio sprendimo. Šis metodas vadinamas variantų racionalumo nustatymo artumo idealiam taškui metodu (TOPSIS – Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). TOPSIS metodo sprendimo algoritmas pateikiamas 2.1 paveiksle.



2.1 pav. TOPSIS metodo skaičiavimo eigos aprašymas (Repeikaitė 2010)

Daugiatiksliai sprendimų priėmimo metodai (MCDM) skirti sprendimams priimti tuomet, kai vertinami konfliktuojantys bei nepriklausomi rodikliai. Tačiau realiuose situacijose, priešingai, nuolat susiduriame su sąveikaujančiais ir tarpusavio priklausomybę turinčiais rodikliais. Dėl šios priežasties kyla poreikis patobulinti sprendimų metodologiją. Siūloma papildyti variantų racionalumo nustatymo metodą TOPSIS, taikant Mahalanobio metodą atstumams nustatyti. Mahalanobio atstumų nustatymo metodas

suteikia galimybę įvertinti koreliacines rodiklių priklausomybes priimant daugiatikslį sprendimą. TOPSIS-M metodo taikymas gali turėti esminę įtaką priimant sprendimą (Antuchevičienė *et al.* 2010).

Sudaroma programa TOPSIS-M, t.y. TOPSIS metodas remiantis Mahalanobis atstumais. Šis metodas taikomas, kai įvertinama rodiklių priklausomybė. Norint palyginti skirtingų dimensijų rodiklius, sprendimų matrica normalizuojama, skirtingų dimensijų rodikliai perskaičiuojami į bedimensius. Atsižvelgiant į pagrįstą nuomonę, kad normalizavimo procedūra gali turėti įtaką galutiniams skaičiavimo rezultatams (Antuchevičienė *et al.* 2010).

TOPSIS metodas išsiskiria iš daugelio daugiatikslinio alternatyvų vertinimo metodų tuo, jog šiuo atveju nėra jokių apribojimų, nustatant rodiklių reikšmingumus, rodiklių reikšmingumų suma nebūtinai turi būti lygi vienetui (Antuchevičienė *et al.* 2010).

2.2. Daugiakriterinių sprendimų priėmimas taikant atstumo idealiam taškui (TOPSIS) metodą

C. L. Hwang ir K. Yoon sukūrė projektų alternatyvų prioritetiškumo eilės nustatymo teoriją. Ši teorija teigia, kad potencialiai geriausia alternatyva yra mažiausiai nutolusi nuo idealaus sprendimo (geriausio) ir labiausiai nutolusi nuo idealiai neigiamo (blogiausio) sprendinio. Teorija dar vadinama variantų racionalumo nustatymo artumo idealiam taškui metodu (TOPSIS – *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*). Lietuvoje TOPSIS metodas gerai žinomas ir dažnai taikomas daugiakriteriniams uždaviniams spręsti nuo 1986 metų, o taip pat dažnai taikomas statybos uždaviniams spręsti (Antuchevičienė 2005).

TOPSIS metodo sprendimo algoritmą sudaro šeši etapai:

- 1) matricos normalizavimas;
- 2) svorinės normalizuotos matricos sudarymas;
- 3) idealaus ir neigiamai idealaus variantų nustatymas;
- 4) nustatomas atstumas tarp lyginamosios i-tosios ir idealiai geriausios bei idealiai blogiausios alternatyvų;
- 5) nustatomas kiekvieno i-tosios alternatyvos santykinis atstumas iki idealios;
- 6) variantų prioritetų nustatymas.

Uždavinys formuluojamas, sudarant sprendimų matricą iš n alternatyvų, aprašytų m rodikliais, t.y. sudaroma pradinė sprendimų priėmimo matrica $\{x_{ij}\}, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$.

Matricos normalizavimas. Norint palyginti skirtingų dimensijų rodiklius, sprendimų matrica normalizuojama, skirtingų dimensijų rodikliai perskaičiuojami į bedimensius. Klasikiniame TOPSIS metode naudojamas vektorinis normalizavimas kuris atliekamas naudojantis (2.1) formulę (Antuchevičienė 2005):

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n x_{ij}^2}}, \quad (2.1)$$

čia a_{ij} – normalizuotas matricos elementas, $i = 1, \dots, m$, $j = 1, \dots, n$ (Antuchevičienė *et al.* 2010).

Svorinės normalizuotos matricos sudarymas. Svorinė normalizuota sprendimų priėmimo matrica sudaroma, normalizuotą matricą dauginant iš rodiklių reikšmingumo vektoriaus. Kiekvienas matricos elementas dauginamas iš atitinkamo rodiklio reikšmingumo q_i :

$$v_{ij} = q_i a_{ij}, \quad (2.2)$$

čia q_i – i rodiklio svoris, $i = 1, 2, \dots, m$, $j = 1, 2, \dots, n$ (Antuchevičienė *et al.* 2010).

Idealaus ir neigiamai idealaus variantų nustatymas. Nustatomi idealus A^* ir neigiamas idealus A^- variantai pagal pateiktas formules (2.3) ir (2.4) (Hwang, Yoon 1981; Zavadskas ir kt. 1986; Triantaphyllou 2000):

$$A^* = \left\{ \left(\max_j v_{ij} \mid i \in I \right), \left(\min_j v_{ij} \mid i \in I' \right), j = 1, 2, \dots, n \right\} = \{v_{1*}, v_{2*}, \dots, v_{n*}\}, \quad (2.3)$$

$$A^- = \left\{ \left(\min_j v_{ij} \mid i \in I \right), \left(\max_j v_{ij} \mid i \in I' \right), j = 1, 2, \dots, n \right\} = \{v_{1-}, v_{2-}, \dots, v_{n-}\}, \quad (2.4)$$

čia $I = \{i = 1, 2, 3, \dots, m\}$ yra maksimizuojamų rodiklių aibė, o $I' = \{i = 1, 2, 3, \dots, m\}$ yra minimizuojamų rodiklių aibė (Antuchevičienė *et al.* 2010).

Lyginamų variantų atstumų nustatymas. Nustatomas kiekvienos A_j alternatyvos atstumas iki geriausio (idealaus) varianto S_{j*} pagal (2.5) formulę ir atstumas iki blogiausio varianto S_{j-} pagal (2.6) formulę:

$$S_{j*} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (v_{ij} - v_{i*})^2}, \text{ čia } j = 1, 2, \dots, n, \quad (2.5)$$

$$S_{j-} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (v_{ij} - v_{i-})^2}, \text{ čia } j = 1, 2, \dots, n, \quad (2.6)$$

čia $v_{i*} = \max_j v_{ij}$, $v_{i-} = \min_j v_{ij}$ (Antuchevičienė et al. 2010).

Santykinio atstumo iki idealaus sprendinio skaičiavimas. Nustatomas santykinis alternatyvos A_j artumas idealiam variantui A^* naudojant (2.7) formulę:

$$C_j = \frac{S_{j-}}{S_{j*} + S_{j-}}, \quad (2.7)$$

čia $1 \geq C_{j*} \geq 0$ ir $j = 1, 2, \dots, n$ (Antuchevičienė et al. 2010).

Variantų prioritetų nustatymas. Pagal C_{j*} reikšmes sudaroma alternatyvų prioritetinė eilė. Geriausia alternatyva ta, kurios C_{j*} reikšmė didžiausia.

2.3. Daugiakriterinio vertinimo TOPSIS metodo tobulinimas, įvertinant rodiklių tarpusavio priklausomybę

TOPSIS-M (patobulinto) metodo sprendimo algoritmą sudaro šeši etapai:

- 1) matricos normalizavimas;
- 2) svorinės matricos sudarymas;
- 3) idealaus ir neigiamai idealaus variantų nustatymas;
- 4) nustatomas atstumas tarp lyginamosios i-tosios ir idealiai geriausios bei idealiai blogiausios alternatyvų;
- 5) nustatomas kiekvieno i-tosios alternatyvos santykinis atstumas iki idealios;
- 6) variantų prioritetų nustatymas.

Uždavinys formuluojamas, sudarant sprendimų matricą iš n alternatyvų, aprašytų m rodikliais, t.y. sudaroma pradinė sprendimų priėmimo matrica X_{mn} , $i = 1, \dots, m$, $j = 1, \dots, n$.

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}. \quad (2.8)$$

Matricos normalizavimas. Norint palyginti skirtingų dimensijų rodiklius, sprendimų matrica normalizuojama, skirtingų dimensijų rodikliai perskaičiuojami į bedimensius. Tam reikia turėti rodiklių standartinius nuokrypius $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$. Pradiniai duomenys normalizuojami naudojant (2.9) formulę:

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sigma_i}, \quad (2.9)$$

čia a_{ij} – normalizuotas matricos elementas, $i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$, $\sigma_i = \sqrt{\sum_{ii}}$, o $\sum_{ii}$ – rodiklių kovariacinės matricos diagonalės reikšmės. (Antuchevičienė *et al.* 2010).

Gauname A matricą (2.10) formulė:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}. \quad (2.10)$$

Svorinės matricos sudarymas. Be to dar reikia žinoti reikšmingumus (svorius). Turime turėti svorių diagonaliąją matricą (2.11):

$$\Delta = \begin{pmatrix} q_1 & & & \\ & q_2 & & \\ & & \ddots & \\ & & & q_m \end{pmatrix}. \quad (2.11)$$

Idealaus ir neigiamai idealaus variantų nustatymas. Dabar reikia išsiaiškinti, kurie rodikliai minimizuojami, o kurie maksimizuojami. Iš A matricos, sudarome A^* ir A^- . Sudarant A^* matricą (2.12)

išrenkame visų variantų geriausias rodiklių reikšmes, o sudarant A^- matricą (2.13) išrenkame visų variantų blogiausias rodiklių reikšmes. Geriausios reikšmės – maksimaliuose rodikliuose didžiausios reikšmės, o minimaliuose rodikliuose mažiausios reikšmės. Blogiausios reikšmės – maksimaliuose rodikliuose mažiausios reikšmės, o minimaliuose rodikliuose didžiausios reikšmės (Antuchevičienė *et al.* 2010).

$$A^* = (a_i^*) = \begin{pmatrix} a_1^* \\ a_2^* \\ \vdots \\ a_m^* \end{pmatrix}. \quad (2.12)$$

$$A^- = (a_i^-) = \begin{pmatrix} a_1^- \\ a_2^- \\ \vdots \\ a_m^- \end{pmatrix}. \quad (2.13)$$

Lyginamų variantų atstumų nustatymas. Skaičiuojami Mahalanobi atstumai pagal (2.14) ir (2.15) formules.

Nustatomas kiekvienos a_j alternatyvos atstumas iki idealaus varianto:

$$S_{j*} = \sqrt{(A_j - A^*)^T \Delta^T \Sigma^{-1} \Delta (A_j - A^*)}. \quad (2.14)$$

Nustatomas kiekvienos a_j alternatyvos atstumas iki neigiamai idealaus varianto:

$$S_{j-} = \sqrt{(A_j - A^-)^T \Delta^T \Sigma^{-1} \Delta (A_j - A^-)}, \quad (2.15)$$

čia Δ^T svorių transponuota matrica, o Σ^{-1} atvirkštinė koreliacijos matrica, skaičiuojama pagal (2.16) formulę:

$$\Sigma = \frac{1}{p-1} \tilde{X}^T \tilde{X}, \quad (2.16)$$

čia $\tilde{X}$ – centruota pradinė matrica, $\tilde{X}^T$ – transponuota $\tilde{X}$ matrica, p – duomenų skaičius (Antuchevičienė et al. 2010).

Santykinio atstumo iki idealaus sprendinio skaičiavimas. Nustatomas santykinis alternatyvos a_j artumas idealiam variantui a^* pagal (2.17) formulę:

$$C_{j*} = \frac{S_{j^-}}{S_{j*} + S_{j^-}}, j = 1, 2, 3, \dots, n, \quad (2.17)$$

čia $1 \geq C_{j*} \geq 0$.

Variantų prioritetų nustatymas. Pagal C_{j*} reikšmes sudaroma alternatyvų prioritetinė eilė. Geriausia alternatyva ta, kurios C_{j*} reikšmė didžiausia (Antuchevičienė et al. 2010).

2.4. Rodiklių matematinės statistinės priklausomybės vertinimas

Dažnai analizuojant kintamųjų reikšmių kitimą reikia atsakyti į klausimą, ar stebimi kintamieji yra priklausomi, ar nepriklausomi. Koreliacinė priklausomybė įvertina ryšį, kai vienas iš atsitiktinių dydžių reaguoja į kito dydžio pokyčius, keisdamas savo pasiskirstymo dėsnio parametrus. Georodikliai, t.y. geografinę aplinką apibūdinantys rodikliai ir susirgimai taip pat yra atsitiktiniai dydžiai, kurie reaguoja į kito dydžio pokyčius, nes jie be kitų priežasčių yra nulemti ir tam tikrų atsitiktinių reiškinių. Todėl geografinę aplinką apibūdinančių rodiklių ir susirgimų tarpusavio sąsajoms nustatyti siūloma naudoti koreliacinės analizės metodiką.

Koreliacijos koeficientas tarp dviejų atsitiktinių kintamųjų x_i ir x_j :

$$r_{ij} = \frac{\text{cov}(x_i, x_j)}{\sigma_i \sigma_j}, \quad (2.18)$$

čia σ_i ir σ_j - kintamųjų x_i ir x_j vidutiniai kvadratiniai nukrypimai (standartai) (Liutikienė, Liutikas 1996).

Empirinė vidutinio kvadratinio nukrypimo reikšmė yra lygi kvadratinei šakniai iš empirinės dispersijos reikšmės:

$$\sigma_x = \sqrt{D[x]}. \quad (2.19)$$

Koreliacijos koeficiento įvertinimo (2.18) lygties skaitiklyje esanti reikšmė $\text{cov}(x_i x_j)$ yra kintamųjų x_i ir x_j kovariacijos momentas:

$$\text{cov}(x_i x_j) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \{x_i - M[x_i]\} \{x_j - M[x_j]\}, \quad (2.20)$$

čia $M[x_i]$, $M[x_j]$ – kintamųjų x_i ir x_j matematinių vilčių įverčiai (Liutikienė, Liutikas 1996).

Koreliacinis momentas įvertina ne tik atsitiktinių dydžių tarpusavio priklausomybę, bet ir jų sklaidą. Tuo atveju, kai atskirų kintamųjų matavimo vienetai yra skirtingi, patogu pereiti prie normuotų ir centruotų kintamųjų reikšmių:

$$x'_i = \frac{x_i - M(x_i)}{\sigma(x_i)}, \quad (2.21)$$

$$x'_j = \frac{x_j - M(x_j)}{\sigma(x_j)}. \quad (2.22)$$

Tada normuotų ir centruotų dydžių kovariacijos koeficientų reikšmės bus lygios koreliacijos koeficientų reikšmėms, o koreliacijos koeficientų reikšmės tuomet galima įvertinti pagal sekančią formulę:

$$r(x_i x_j) = \text{cov}(x'_i x'_j) = M \left\{ \frac{[x_i - M(x_i)] [x_j - M(x_j)]}{\sigma(x_i) \sigma(x_j)} \right\} = \frac{\text{cov}(x_i x_j)}{\sigma(x_i) \sigma(x_j)}, \quad (2.23)$$

čia M – matematinės vilties simbolis (Liutikienė, Liutikas 1996).

Turint pradinių duomenų matricą, atlikus pradinių duomenų matricos reikšmių centravimą ir normavimą, gautume naują centruotą ir normuotą pradinių duomenų matricą Q , o turint centruotą ir normuotą pradinių duomenų matricą Q , porinių koreliacijos koeficientų matrica bus:

$$R = [r] = \frac{1}{n-1} Q^T Q, \quad (2.24)$$

čia r – koreliacijos koeficientai, n – analizuojamų vienetų skaičius, T – matricos transponavimo simbolis (Liutikienė, Liutikas 1996).

Koreliacijos koeficientų reikšmės yra $-1 \leq r \leq 1$. Esant tarp kintamųjų linijiniams funkciniam ryšiui $r = \pm 1$. Koreliacijos koeficientas bus teigiamas tuomet, kai didėjant vieno kintamojo reikšmei, didėja ir kitas kintamasis, o kai vieno kintamojo didėjimas sąlygoja kito kintamojo mažėjimą, koreliacijos koeficientas yra neigiamas. Kai kintamieji nepriklausomi koreliacijos koeficientų reikšmės $r = 0$. Tačiau kintamųjų nepriklausomumo atveju - tai yra tik būtina, bet nepakankama. Esant koreliacijos koeficientų reikšmės $r = 0$, taip pat gali būti tarp kintamųjų koreliacinė priklausomybė. Šiuo atveju priklausomybės modelis netiesinis ir jam nustatyti reikalingi papildomi tyrimai. Empiriniai koreliacijos koeficientai (2.24) yra statistiniai teorinio koreliacijos koeficiento įvertinimai. Kai matavimų skaičius $n \rightarrow \infty$, statistinio koreliacijos koeficiento reikšmė artėja prie teorinės jo reikšmės. Esant normaliajam kintamųjų skirstiniui, koreliacijos koeficiento statistinis įvertinimas yra pasislinkęs į neigiamą pusę. Empirinio koreliacijos koeficiento $\tilde{r}$ reikšmių matematinė viltis yra mažesnė už teorinio koreliacijos koeficiento reikšmę, t.y. $M(\tilde{r}_{ij}) < r_{ij}$. O jų skirtumas:

$$M(\tilde{r}_{ij}) - r_{ij} \approx -\frac{1}{2N} r_{ij} (1 - r_{ij}^2), \quad (2.25)$$

čia N – pradinių duomenų skaičius (Liutikienė, Liutikas 1996).

Empirinis koreliacijos koeficiento skirstinys, kai pradiniai duomenys atitinka normaliajam skirstiniui, didėjant matavimų skaičiui, labai greitai asimptotiškai artėja prie normaliojo skirstinio ir jo vidutinio kvadratinio nuokrypio reikšmė išreiškiama:

$$\sigma(r_{ij}) \approx \frac{1 - r_{ij}^2}{\sqrt{N}}. \quad (2.26)$$

Empirinio koreliacijos koeficiento pasiklovimo intervalas su tikimybe $p = 1 - q$:

$$r_{ij} - z_q \sigma(r_{ij}) \leq r_{ij} \leq r_{ij} + z_q \sigma(r_{ij}), \quad (2.27)$$

čia q – patikimumo lygmuo, z_q – apskaičiuojama iš lygybės:

$$P\{|z| > z_q\} = 1 - 2\phi(z_q), \quad (2.28)$$

kur p – tikimybės simbolis; z – normuotosios Laplaso funkcijos $\phi(z)$ argumentas; z_q – minėtojo argumento reikšmė esant tikimybei $p = 1 - q$ (Liutikienė, Liutikas 1996).

z parametro dispersija:

$$D(z) = \frac{1}{N-1} + \frac{4-r_{ij}^2}{2(n-1)^2}. \quad (2.29)$$

Esant n mažoms reikšmėms ($n < 30$), galima priimti kad:

$$\omega(z) \approx \frac{1}{\sqrt{N-3}}. \quad (2.30)$$

Kai N nedidelis, tuomet empirinio koreliacijos koeficiento kritinę ribą galima surasti pasinaudojant *Kappa* formule (Liutikienė, Liutikas 1996):

$$t = (\bar{z})\sqrt{\frac{N-2}{1-r^2}}, \quad (2.31)$$

$$\bar{z} = z_q\sigma(z). \quad (2.32)$$

Su tikimybe $p = 1 - q$ hipoteze, kad $r = 0$ atmetama tuomet, kai $t < z_q$. Priimama, kad esant $N < 30$, koreliacijos koeficiento skirstinys atitinka *Stjudento* dėsnį (Liutikienė, Liutikas 1996).

2.5. Georodiklių atrankos ir jų reikšmingumą (svorių) nustatymo metodika

Koreliacinėje matricoje (2.24) apskaičiuotų koreliacijos koeficientų reikšmių statistinis patikimumas vertinamas taikant patikimumo lygmenį q , kuris parodo statistinį koreliacijos koeficientų reikšmingumą. Pagal pasirinktą patikimumo lygmenį q , atrinksime kokie georodikliai turį statistiškai reikšmingą įtaką galimiems susirgimams.

Statistinis patikimumas (reikšmingumo lygmuo) pasirenkamas siekiant įvertinti, kokia yra tikimybė, kad apskaičiuoto koreliacijos koeficiento reikšmė nėra atsitiktinis paklaidų padarinys. Mokslo pasaulyje dažniausiai statistiškai patikimais laikomi rezultatai, kai $p > 0,95$ – tai reiškia, kad egzistuoja mažesnė nei 5 procentų tikimybė, kad nustatytas skirtumas buvo atsitiktinis. Šį dydį įprasta žymėti p (http://lt.wikipedia.org/wiki/Reik%C5%A1mingumo_lygmuo).

Tikimybė p skaičiuojama pagal (2.33) formulę:

$$p = 1 - q, \quad (2.33)$$

q – patikimumo lygmuo (Liutikienė, Liutikas, 1996).

Svorius nustatome pagal atrinktų reikšmingų rodiklių koreliacijos koeficientus su atitinkama susirgimo grupe reikšmes. Svoriai apskaičiuojami priimant sąlygą, kad svorių suma būtų lygi vienetui:

$$\sum_{i=1}^n \Delta_i = 1, \quad (2.34)$$

čia n – rodiklių skaičius.

Svoriai skaičiuojami pagal (2.35) formulę:

$$\Delta_i = \frac{|r_i|}{\sum_{i=1}^n |r_i|}, \quad (2.35)$$

čia $|r_i|$ – koreliacijos koeficiento reikšmės modulis, n – koreliacijos koeficiento reikšmių skaičius.

3. EKSPERIMENTINIAI SKAIČIAVIMAI

3.1. Eksperimentinis objektas ir duomenys tyrimams

Teritorijos georodikliai paimti iš Lietuvos teritorijos geologinių tyrimų duomenų (prieiga per internetą: www.lgt.lt), o duomenys apie susirgimus iš Higienos instituto (prieiga per internetą: www.hi.lt). Georodiklių duomenų bazės buvo sudaromos remiantis 1999 m. Lietuvos geologijos institute sukauptais ir susistemintais geografiniais aplinkos rodiklių duomenimis. Darbe bus atliekamas tyrimas susijęs su sekančiomis žmogaus sveikatos problemomis: nervų sistemos ligos, psichikos ir elgesio sutrikimai, kraujotakos sistemos ligos, kvėpavimo sistemos ligos, tuberkuliozė, cukrinis diabetas ir piktybiniai navikai. Duomenys buvo atrinkti 44-iems Lietuvos teritorijos rajonams.

Susirgimų duomenų bazė

Gyvenamoje aplinkoje, cheminių elementų trūkumas arba perteklius gali neigiamai paveikti žmogaus sveikatą, tuo tarpu kitų elementų buvimas gali turėti neigiamos įtakos. Geocheminiai tyrimai rodo, jog Lietuvoje dirvos elementai pasiskirsto labai nevienodai, priklausomai nuo reljefo, augalijos, žmogaus sukeltos taršos, natūralaus pagrindo, susijusio su dirvos tipu. Žmogaus psichologinei būklei daro didelę įtaką kraštovaizdis, klimatas, augalijos tipas, reljefo raižytumas, aukščio virš jūros kintamumas, gruntinio vandens tipas, imlumas taršai ir pan. Visa tai turi didelę įtaką žmogaus sveikatai (Zakarevičius *et al.* 2011).

Duomenys apie geofaktorių grupes ir susirgimus buvo surinkti visai Lietuvos teritorijai bei sukaupiti duomenų bazėje. Duomenys kaupiti regioniniu principu pagal Lietuvos teritorijos administracinį suskirstymą į rajonus. Reikalingi duomenys gauti naudojant sveikatos rodiklių sistemą (SRS) – tai duomenų vaizdavimo ir analizės sistema. Vartotojas, naudodamas sveikatos rodiklių sistemą, gali lengvai bei greitai susirasti norimus gyventojų sveikatos rodiklius, pavaizduoti juos lentelėmis arba grafikais, tarpusavyje lyginti administracinius teritorinius vienetų bei rodiklius per metus. Kiekvienais metais ši sistema papildoma naujausiais duomenimis. SRS-ai duomenys renkami iš įvairių šaltinių, t.y. iš specializuotų tarnybų duomenų bazių ir registrų, Higienos instituto Sveikatos informacijos centro metinių sveikatos statistikos ataskaitų, Statistikos departamento, Privalomojo sveikatos draudimo informacinės sistemos SVEIDRA (Volungevičiūtė 2012).

Susirgimų ir žmogaus elgesio sutrikimų duomenų bazės pavyzdys pateiktas 3.1 lentelėje (visa susirgimų duomenų bazė pateikiama 1 priedo 1.1 lentelėje). Šių statistinių duomenų vidurkiai yra pateikti kiekvienam iš 44-ių Lietuvos teritorijos administracinių rajonų (100 000 žmonių grupei).

3.1 lentelė. Ligų paplitimas Lietuvoje

Rajonas	Apskritis	Piktybiniai navikai	Psichikos ir elgesio sutrikimai	Tuberku-lio- zė	Kraujotakos sistemos ligos	Cukrinis diabetas	Nervų sistemos ligos	Kvėpavimo sistemos ligos
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Alytaus r.	Alytaus aps.	531,4	3209,1	41,2	3572,1	159,9	751,4	33245,8
Lazdijų r.	Alytaus aps.	497,8	856,4	69,1	3989,6	120,9	553,4	11429,2
Varėnos r.	Alytaus aps.	605,8	2780,8	65,1	3326,3	208,5	698,7	22654,8
:								
Vilniaus r.	Vilniaus aps.	413,7	2405,0	63,1	3460,9	251,7	659,4	23431,8

Geografinę ir geologinę aplinką apibūdinančiųjų rodiklių duomenų bazė

Geografinę aplinką apibūdinančiųjų rodiklių duomenų bazė kas metus vis papildoma naujais duomenimis. Žmogaus organizmui aplinkos rodiklių įtaka mažai ištirta, bet yra sudaryta duomenų bazė, kurioje sukaupti ir susisteminti geografinės aplinkos rodiklių duomenys, kurie turi įtakos susirgimams įvairiomis ligomis.

Nagrinėjamos pagrindinės penkios georodiklių grupės:

- 1) gravitacinis laukas;
- 2) magnetinis laukas;
- 3) kraštovaizdžio elementai;
- 4) geocheminių elementų koncentracija dirvoje;
- 5) dirvos litologijos rodikliai;
- 6) požeminio vandens rodikliai (Volungevičiūtė 2012).

Šios grupės apima svarbiausius georodiklius, kurie gali turėti įtakos žmogaus sveikatai. Rodiklių matavimo vienetai pateikti 3.2 lentelėje. Rodiklių sutrumpinimų pilni pavadinimai pateikti 22 priede.

3.2 lentelė. Aplinkos georodiklių matavimo vienetai (Volungevičiūtė 2012)

Rodikliai	Matavimo vienetai
Gravitacinio lauko rodikliai (g min, g max, g mean, g range val, gcoef of var, gstd dev)	mgal
Gravitacinio lauko gradiento rodikliai (gg min, gg max, gg mean, gg range value, gg coef of val, gg stg dev)	mgal/km
Magnetinio lauko rodikliai (t min, t max, t mean, t range value, t coef of var, t std dev)	H = A/m
Magnetinio lauko gradiento rodikliai (tg min, tg max, tg mean, tg range value, tg coef of var, tg std dev)	H/km
Požeminio vandens rodikliai (bmin_vid, Ca_min ir t.t.)	mg/l
Miškų plotas, pelkių plotas, smėlių plotas	km ²
Upių ilgis plote	m/km ²
Ežerų plotas	%
Reljefo aukštis	m
Vidutinis šlaitų polinkis (slope_mean)	° (laipsniai)

Gravitacinio lauko rodiklių duomenų bazės ištrauka pateikiama 3.3 lentelėje (visa duomenų bazė pateikta 2 priedo 2.1 lentelėje). Duomenų bazę formuojantys rodikliai: g min, g max, g mean, g range val, gcoef of var, gstd dev, gg min, gg max, gg mean, gg range value, gg coef of val, gg stg dev. Šių sutrumpinimų pilnus pavadinimus galima rasti 22 priede.

3.3. lentelė. Gravitacinio lauko rodikliai

Rajonas	Gravitacinio lauko rodikliai						
	g min	g max	g mean	g range val	gcoef of var	...	gg stg dev
1	2	3	4	5	6	...	13
Alytaus r.	-2,468	22,516	11,770	24,984	0,604		0,608
Lazdijų r.	-2,041	20,502	11,243	22,543	0,476		0,513
Varėnos r.	5,014	24,939	12,371	19,925	0,386		0,475
⋮							
Vilniaus r.	5,032	42,609	22,970	37,577	0,423	...	0,558

Magnetinio lauko rodiklių duomenų bazės ištrauka pateikiama 3.4 lentelėje (visa duomenų bazė pateikta 3 priedo 3.1 lentelėje). Duomenų bazę formuojantys rodikliai: t min, t max, t mean, t range value, t coef of var, t std dev, tg min, tg max, tg mean, tg range value, tg coef of var, tg std dev. Šių sutrumpinimų pilnus pavadinimus galima rasti 22 priede.

3.4 lentelė. Magnetinio lauko rodikliai

Rajonas	Magnetinio lauko rodikliai						
	t min	t max	t mean	t range value	t coef of var	...	tg std dev
1	2	3	4	5	6	...	13
Alytaus r.	-5,970	10,956	-0,235	16,926	-13,465		0,909
Lazdijų r.	-6,795	9,519	-0,752	16,314	-4,330		1,222
Varėnos r.	-2,471	11,497	3,049	13,968	0,941		0,853
Jonavos r.	-4,452	10,645	-1,577	15,097	-1,530		0,609
Kaišiadorių r.	-4,461	11,684	-0,091	16,145	-29,904		0,701
:							
Vilniaus r.	-5,435	7,824	1,490	13,259	1,529	...	0,635

Kraštovaizdis laikomas potencialiai aktyviu psichologiniu aplinkos faktoriumi, nes daro didelę įtaką žmogaus psichologinei būklei. Kraštovaizdžio rodiklių duomenų bazės pavyzdys pateiktas 3.5 lentelėje (visa duomenų bazė pateikta 4 priedo 4.1 lentelėje). Duomenų bazę formuojantys rodikliai: misku plotas, pelkiu plotas, smeliu plotas, upiu ilgis plote, ezerų plot%, reljefmax, reljefmean, reljefst.dev, slopemean, slopestdev. Šių sutrumpinimų pilnus pavadinimus galima rasti 22 priede.

3.5 lentelė. Kraštovaizdžio rodikliai

Rajonas	Apskritis	Kraštovaizdžio rodikliai						
		misku plotas	pelkiu plotas	smeliu plotas	upiu ilgis	ezeru plot%	...	slopestdev
1	2	3	4	5	6	7	...	12
Alytaus r.	Alytaus aps.	334,380	153,191	435,42	0,109	3,472		1,112
Lazdijų r.	Alytaus aps.	570,415	111,630	822,90	0,123	5,746		1,040
Varėnos r.	Alytaus aps.	1676,66	319,717	1784,3	0,139	1,287		0,930
Jonavos r.	Kauno aps.	394,354	44,109	457,29	0,180	0,240		0,988
Kaišiadorių r.	Kauno aps.	358,467	69,660	596,32	0,155	2,200		1,274
:								
Vilniaus r.	Vilniaus aps.	1012,47	227,954	1226,1	0,133	1,032	...	1,232

Geocheminių elementų koncentracijų duomenų bazės ištrauka pateikiama 3.6 lentelėje (visa duomenų bazė pateikta 5 priedo 5.1 lentelėje). Duomenų bazę formuojantys rodikliai: Ag, As, B, Ba, Co, Cr, Cu, Ga, Y, Yb, La, Li, Mn, Mo, Nb, Ni, P, Pb, Rb, Sc, Sn, Sr, Th, Ti, U, V, Zn, Zr. Šių sutrumpinimų pilnus pavadinimus galima rasti 22 priede.

3.6 lentelė. Geocheminių elementų koncentracijos

Rajonas	Geocheminių elementų koncentracijos										
	Ag	As	B	Ba	Co	Cr	Cu	Ga	Y	Yb	Zr
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	29
Alytaus r.	0,067	2,8	33,7	381	6,0	36,9	10,1	7,2	15,3	2,2	212
Lazdijų r.	0,063	2,8	26,9	339	4,1	33,6	8,1	5,2	15,4	2,1	349
Varėnos r.	0,055	1,6	16,0	213	2,6	16,2	3,9	3,7	10,7	1,4	159
Jonavos r.	0,067	2,4	31,6	371	5,0	33,2	11,5	6,4	18,6	2,3	256
Kaišiadorių r.	0,068	3,0	28,7	395	5,5	35,7	12,3	6,4	18,4	2,5	376
:											
Vilniaus r.	0,080	2,5	26,1	400	4,8	32,9	8,8	5,8	18,1	2,0	345

Dirvos litologijos rodiklių duomenų bazės ištrauka pateikiama 3.7 lentelėje (visa duomenų bazė pateikta 6 priedo 6.1 lentelėje). Duomenų bazę formuojantys rodikliai: hidroanomal, durpe-e-median, durpe-e-mean, durpe-k-median, durpe-k-mean, priemol-e-median, priemol-e-mean, priemol-k-median, priemol-k-mean, priesmel-e-median, priesmel-e-mean, priesmel-k-median, priesmel-k-mean, smel-e-median, smel-e-mean, smel-k-median, smel-k-mean, visi-e-median, visi-e-mean, visi-k-median, visi-k-mean. Šių sutrumpinimų pilnus pavadinimus galima rasti 22 priede.

3.7 lentelė. Dirvos litologijos rodikliai

Rajonas	Dirvos litologijos rodikliai							
	hidroanomal	durpe-e- median	durpe-e- mean	durpe-k- median	durpe-k- mean	priemol- e-median	...	visi-k- mean
1	2	3	4	5	6	7	...	22
Alytaus r.	2,79	5,92	5,64	69,68	60,51	7,31		115,25
Lazdijų r.	0,65	5,41	5,16	51,79	53,68	6,41		120,78
Varėnos r.	2,87	3,32	3,24	58,82	38,48	5,75		127,28
Jonavos r.	24,45	5,49	4,86	117,60	114,84	7,01		100,98
Kaišiadorių r.	10,32	5,96	5,83	63,50	62,25	7,32		91,54
Kauno r.	49,84	6,08	5,62	64,59	66,17	6,10		85,91
:								
Vilniaus r.	4,38	5,46	5,31	72,22	63,27	6,17	...	137,27

Žmogus kasdien vartoja požeminį vandenį. Atsižvelgiant į tai buvo nuspręsta išnagrinėti ir požeminio vandens rodiklius. Požeminio vandens rodiklių duomenų bazės pavyzdys pateiktas 3.8 lentelėje (visa duomenų bazė pateikta 7 priedo 7.1 lentelėje). Duomenų bazę formuojantys rodikliai: bkiet_min, bkiet_max, bkiet_vid, bmin_min, bmin_max, bmin_vid, Ca_min, Ca_max, Ca_vid, Cl_min, Cl_max, Cl_vid, Fe2_max, Fe2_vid, Fe3_vid, Feb_max, Feb_vid, HCO3_min, HCO3_max, HCO3_vid, Mg_min, Mg_max, Mg_vid, NO2_NO3_max, NO2_NO3_vid, Na_K_max, Na_K_vid, NH4_max, NH4_vid, NO2_vid, NO3_max, NO3_vid, ph_max, ph_vid, pOks_min, pOks_max, pOks_vid, SO4_max, SO4_vid.

3.8 lentelė. Požeminio vandens rodikliai

Rajonas	Požeminio vandens rodikliai							
	bkiet_min	bkiet_max	bkiet_vid	bmin_min	bmin_max	bmin_vid	...	SO4_vid
1	2	3	4	5	6	7	...	40
Alytaus r.	2,3	24,0	7,3	151,5	687,2	346,9		13,2
Lazdijų r.	1,9	22,1	7,0	181,0	475,9	319,5		15,1
Varėnos r.	1,2	18,9	5,5	100,0	716,7	262,5		13,1
Jonavos r.	1,5	15,0	6,7	171,5	792,0	418,5		32,7
Kaišiadorių r.	3,1	17,9	6,8	138,9	772,5	395,5		27,2
Kauno r.	1,2	24,6	6,8	0,0	795,0	401,0		37,6
:								
Vilniaus r.	0,5	20,2	4,9	104,7	793,2	265,8	...	22,8

Visų georodiklių sutrumpinimų pilnus pavadinimus galima rasti 22 priede.

3.2. Rodiklių matematinė statistinė priklausomybė

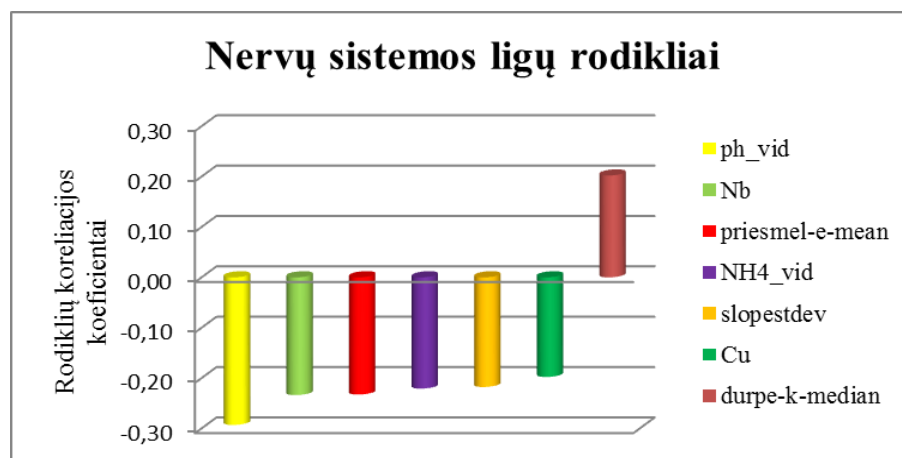
Šio tyrimo metu reikia ištirti aplinkos georodiklių tarpusavio koreliacines priklausomybes.

Koreliacija vadinamas statistinio ryšio tarp kintamųjų stiprumas. Dviejų kintamųjų tiesinei priklausomybei įvertinti naudojamas koreliacijos koeficientas ir jis parodo ar analizuojamų kintamųjų tiesinė priklausomybė yra stipri. Kuo koreliacijos koeficiento reikšmė yra arčiau vieneto, tuo stipresnis koreliacinis ryšys tarp kintamųjų, bet jei koreliacijos koeficiento reikšmė yra maža, tai ir tiesinis ryšys tarp kintamųjų yra nežymus. Koreliacijos koeficientai parodo ryšių tamprumą tarp skirtingų parametrų. Koreliacijos koeficiento ženklas parodo ryšio pobūdį ir kryptį. Kuo koreliacijos koeficiento reikšmė artimesnė ± 1 , tuo ryšys tarp kintamųjų tampa stipresnis. Kai koreliacijos koeficiento reikšmė neigiama – ryšys atvirkštinis, kai reikšmė teigiama – ryšys tiesioginis.

Šio tyrimo metu buvo panaudoti D. Volungevičiūtės (2012) apskaičiuoti koreliacijos koeficientų matricos duomenys. Statistiniai duomenys, kaip jau minėta, buvo surinkti visai Lietuvos teritorijai. Atrinkti reikšmingą įtaką susirgimams turintys rodikliai ir koreliacinės analizės skaičiavimų rezultatai pateikti 8 priedo 8.1 lentelėje.

Buvo parinktas koreliacinės priklausomybės analizei reikšmingumo lygmuo 0,90. Šis būdas užtikrina objektyvią duomenų analizę. Susirgimų priklausomybės nuo georodiklių grafiškai pavaizduotos 3.1 – 3.7 paveiksluose. Vaizduojami tik atrinkti georodikliai. Kuo didesnis teigiamų georodiklių koreliacijos koeficientas, tuo bus didesnė rizika susirgimams ir kuo didesnis neigiamų georodiklių koreliacijos koeficientas, tuo bus mažesnė rizika susirgimams.

Nervų sistemos ligų priklausomybė nuo georodiklių grafiškai pavaizduota 3.1 paveiksle.

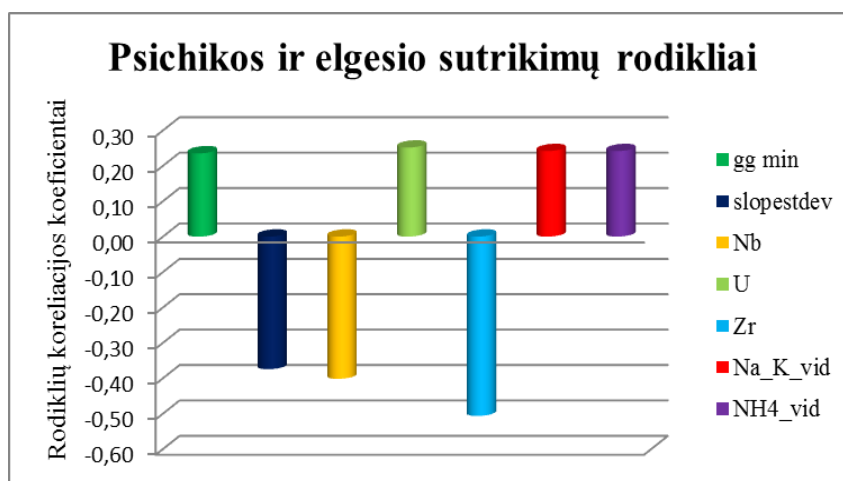


3.1 pav. Georodiklių įtaka nervų sistemos ligoms

Stipriausias koreliacinis ryšys nervų ligų yra su niobiu (Nb) ir vandens rūgštingumo pasiskirstymu požeminiuose vandenyse (ph_vid) (3.1 pav.).

Nervų sistemos ligos teigiamai koreliuoja su durpių magnetiniu imlumu (durpe-k-median koreliacijos koeficientas nedidelis +0,2022), o neigiamai koreliuoja su vandens rūgštingumu (ph_vid koreliacijos koeficientas -0,2930), niobiu (Nb -0,2337) ir su priesmėlio magnetine apkrova (priesmel-e-mean -0,2326). Kuo didesnis teigiamų georodiklių koreliacijos koeficientas, tuo bus didesnė rizika nervų sistemos ligoms ir kuo didesnis neigiamų georodiklių koreliacijos koeficientas, tuo bus mažesnė rizika nervų sistemos ligoms. Visos koreliacijos koeficientų reikšmės pateiktos 8 priedo 8.1 lentelėje.

Psichikos ir elgesio sutrikimų priklausomybė nuo georodiklių grafiškai pavaizduota 3.2 paveiksle.



3.2 pav. Georodiklių įtaka psichikos ir elgesio sutrikimams

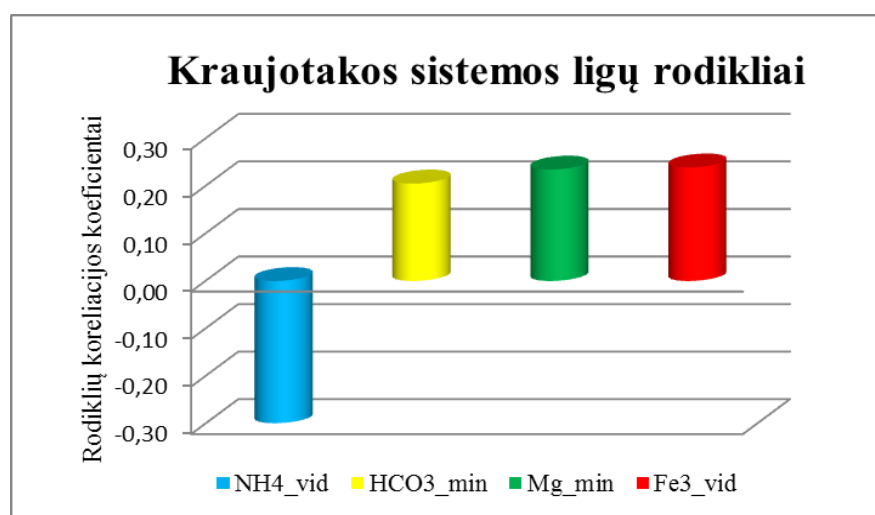
Psichikos ir elgesio sutrikimų stipriausias koreliacinis ryšys yra su cirkoniu (Zr), niobiu (Nb) ir nuolydžio standartiniu nuokrypiu (slopestdev) (3.2 pav.).

Cirkonis (Zr koreliacijos koeficientas -0,5065), niobis (Nb -0,4018) ir nuolydžio standartinis nuokrypis (slopestdev -0,3744) yra susiję neigiamais koreliaciniais ryšiais su psichikos ir elgesio sutrikimais. Tai pakankamai aukštos reikšmės koreliacijos koeficientai, jie nurodo svarbius ryšius.

Psichikos ir elgesio sutrikimai teigiamai koreliuoja su gravitacinio lauko gradientu (gg_min koreliacijos koeficientas +0,2352), uranu (U +0,2515), natrio junginiu su kaliumi (Na_K_vid +0,2415), amonio sulfatu (NH4_vid +0,2415).

Kuo didesnė gravitacinio lauko gradiento reikšmė, kuo didesnis natrio junginio su kaliumi ir amonio sulfato kiekis požeminiame vandenyje ir urano kiekis, tuo bus didesnė rizika psichikos ir elgesio sutrikimams ir kuo didesnis cirkonio, niobio kiekis ir nuolydžio standartinio nuokrypio reikšmė, tuo bus mažesnė rizika psichikos ir elgesio sutrikimams.

Kraujotakos sistemos ligų priklausomybė nuo georodiklių grafiškai pavaizduota 3.3 paveiksle.

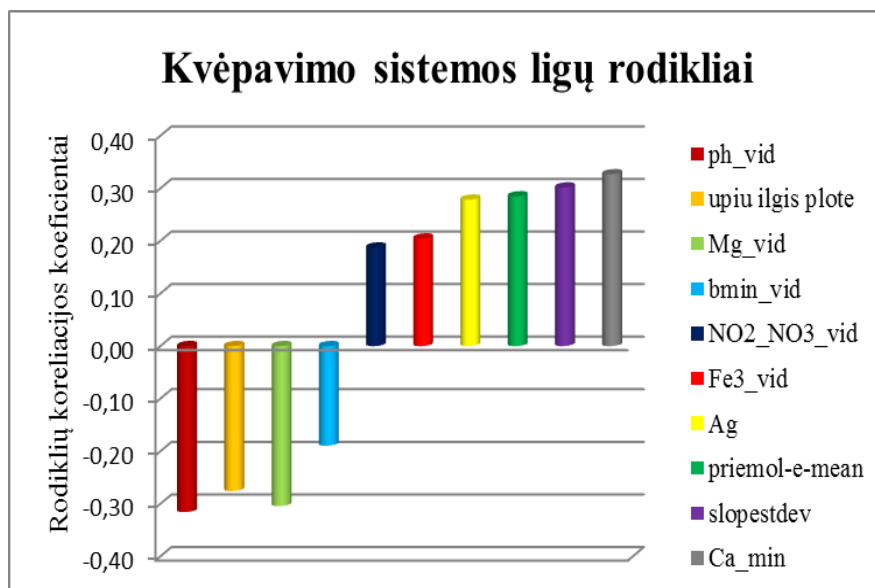


3.3 pav. Georodiklių įtaka kraujotakos sistemos ligoms

Stipriausias koreliacinis ryšys kraujotakos sistemos ligoms yra su amoniu (NH4_vid) ir geležies kiekiu (Fe3_vid) (3.3 pav.).

Kraujotakos sistemos ligos teigiamai koreliuoja su geležies kiekiu (Fe3_vid koreliacijos koeficientas +0,2390), magnio kiekiu (Mg_min +0,2345) ir hidrokarbonatų koncentracija (HCO3_min +0,2051), o neigiamai koreliuoja su amoniu (NH4_vid -0,2992). Ten, kur padidės geležies, magnio kiekis ir hidrokarbonatų koncentracija bei sumažės amonio kiekis požeminiame vandenyje, ten yra didelė tikimybė, kad išaugs sergančiųjų kraujotakos sistemos ligomis.

Kvėpavimo sistemos ligų priklausomybė nuo georodiklių grafiškai pavaizduota 3.4 paveiksle.



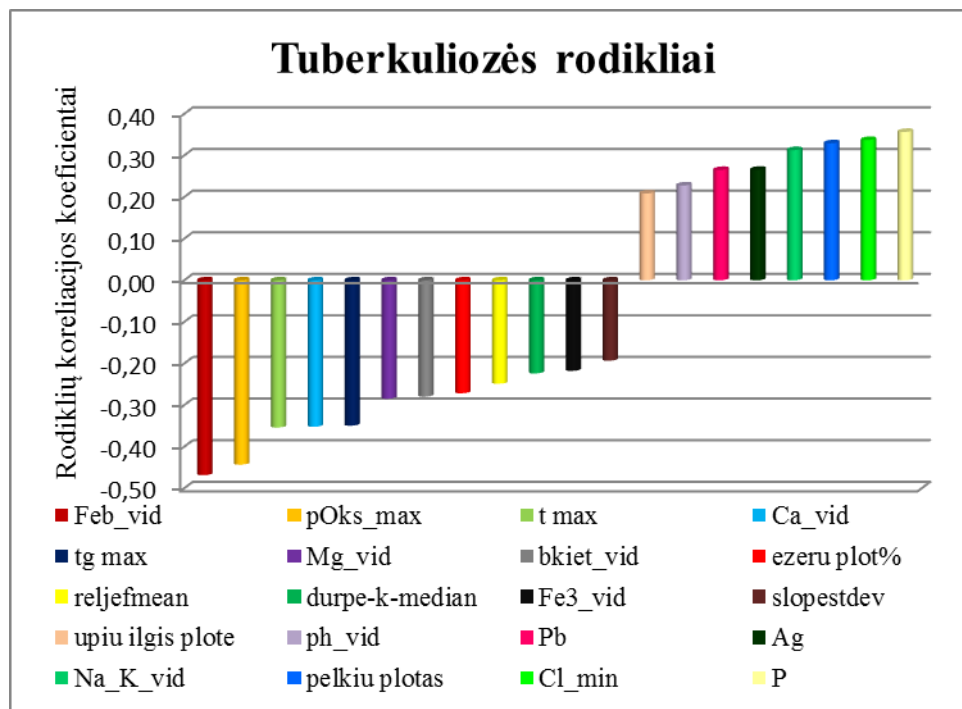
3.4 pav. Georodiklių įtaka kvėpavimo sistemos ligoms

Stipriausias koreliacinis ryšys su kvėpavimo sistemos ligomis yra su požeminio vandens rūgštingumu (ph_vid), magnio (Mg_vid) ir kalcio kiekiu požeminiuose vandenyse (Ca_min), nuolydžio standartiniu nuokrypiu (slopestdev), priemolio magnetine apkrova (priemol-e-mean).

Kvėpavimo sistemos ligos neigiamai koreliuoja su vandens rūgštingumu (ph_vid koreliacijos koeficientas -0,3156), magnio kiekiu požeminiame vandenyje (Mg_vid -0,3043), upių ilgiais (-0,2756), vandens kietumu (bmin_vid -0,1894) o teigiamai koreliuoja su kalcio kiekiu požeminiuose vandenyse (Ca_min +0,3267), nuolydžio standartiniu nuokrypiu (slopestdev +0,3015), priemolio magnetine apkrova (priemol-e-mean +0,2848), sidabro kiekiu (Ag +0,2785).

Ten, kur padidėjęs kalcio kiekis požeminiuose vandenyse, nuolydžio standartinis nuokrypis, priemolio magnetine apkrova bei sumažėjęs vandens rūgštingumas, magnio kiekis vandenyje bei vandens kietumu, ten yra didelė tikimybė, kad išaugs sergančiųjų kvėpavimo sistemos ligomis. Kuo daugiau upių toje teritorijoje, tuo mažesnė rizika susirgti kvėpavimo sistemos ligomis.

Tuberkuliozės priklausomybė nuo georodiklių grafiškai pavaizduota 3.5 paveiksle.



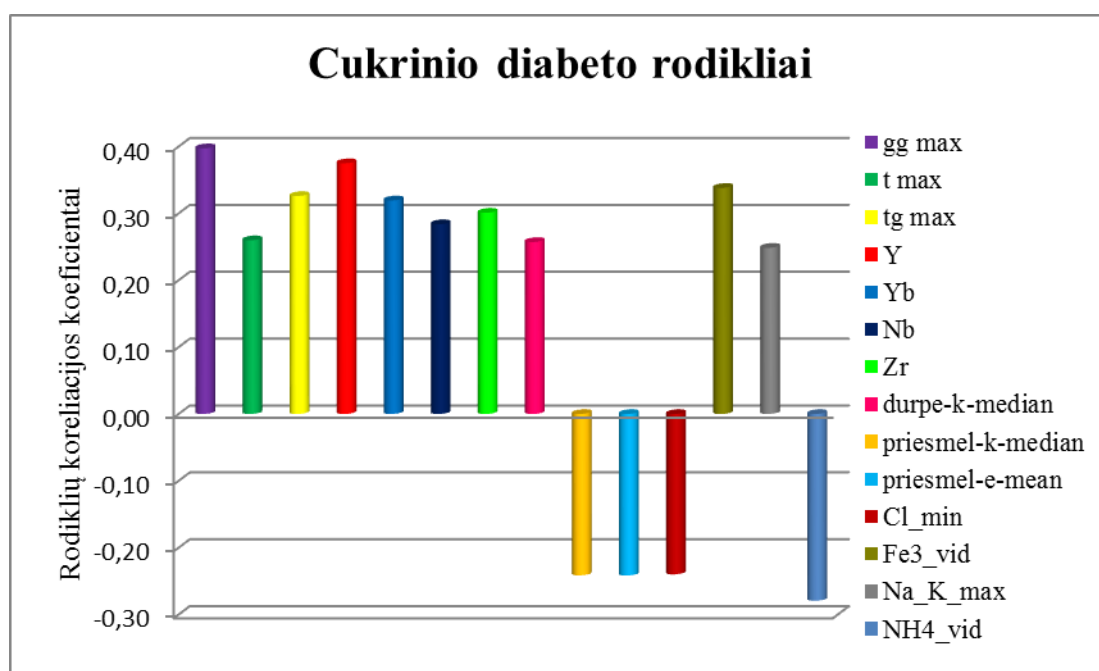
3.5 pav. Georodiklių įtaka tuberkuliozei

Stipriausias koreliacinis ryšys yra tuberkuliozės su geležies kiekiu (Feb_vid), oksidacijos potencialu (pOks_max), fosforo (P) ir chloro (Cl_min) kiekiu (3.5 pav.).

Tuberkuliozė neigiamais koreliaciniais ryšiais susijusi su bendru geležies kiekiu požeminiame vandenyje (Feb_vid -0,4682), oksidacijos potencialu požeminiame vandenyje (pOks_max -0,4429), magnetinio lauko reikšme (t_max -0,3537), kalcio kiekiu požeminiame vandenyje (Ca_vid -0,3519), magnetinio lauko gradiento reikšme (tg_max -0,3492). Kuo didesnės šių georodiklių reikšmės, tuo yra mažesnė rizika tuberkuliozės plitimui.

Teigiamais koreliaciniais ryšiais tuberkuliozė susijusi su fosforo (P koreliacijos koeficientas +0,3567), chloro (Cl_min +0,3373), natrio junginiu su kaliu (Na_K_vid +0,3131), sidabro (Ag +0,2656), švino (Pb +0,2652) kiekiais. Kuo didesnė koncentracija šių geologinių faktorių bei cheminių elementų, tuo yra didesnė rizika tuberkuliozės plitimui. Kuo mažiau pelkių toje teritorijoje, tuo mažesnė rizika susirgti tuberkulioze.

Cukrinio diabeto priklausomybė nuo georodiklių grafiškai pavaizduota 3.6 paveiksle.



3.6 pav. Georodiklių įtaka cukriniam diabetui

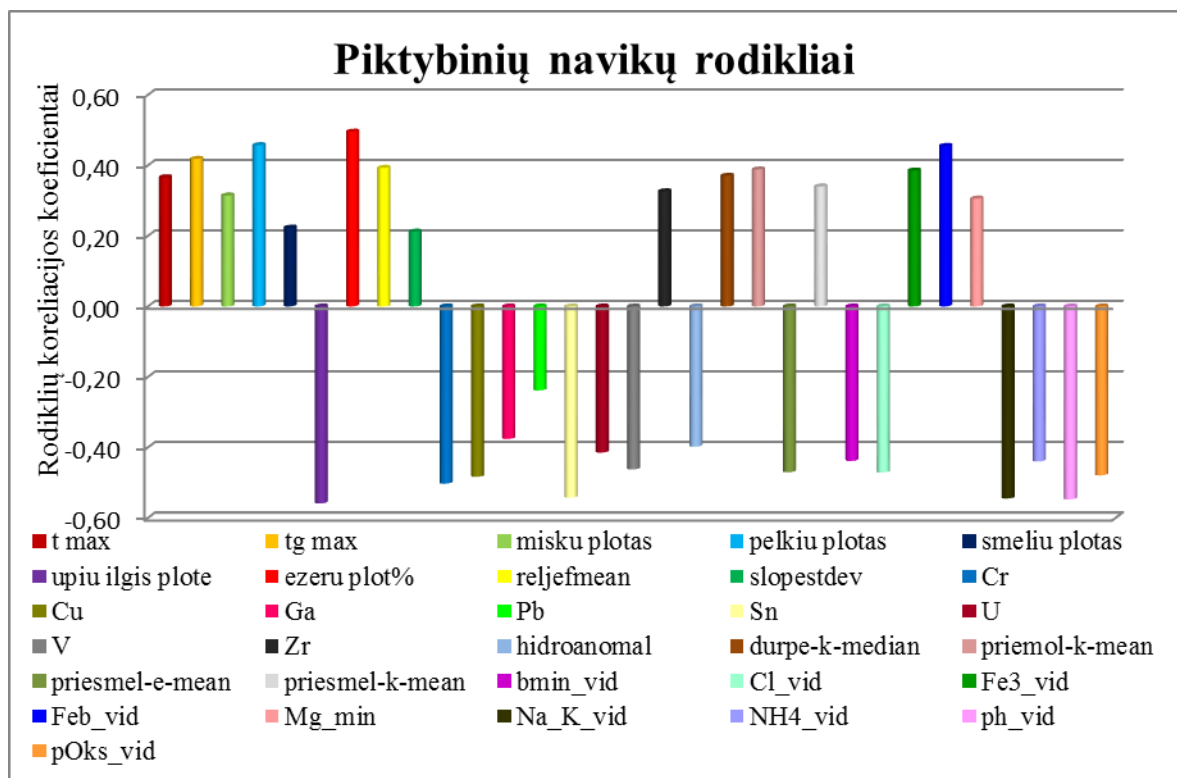
Stipriausias koreliacinis ryšys cukrinio diabeto yra su gravitacinio lauko gradientu (gg_max), geležies kiekiu požeminiame vandenyje (Fe3_vid), itriu (Y) ir su amonio kiekiu požeminiame vandenyje (NH4_vid) (3.6 pav.).

Teigiamais koreliaciniais ryšiais su cukriniu diabetu yra susiję gravitacinio lauko gradientas (gg_max koreliacijos koeficientas +0,3973), magnetinio lauko gradientas (tg_max +0,3260), itrio (Y +0,3750) ir geležies kiekis (Fe3_vid +0,3381). Kuo didesnė gravitacinio lauko gradiento ir magnetinio

lauko gradiento reikšmė bei kuo didesnis geležies kiekis požeminiame vandenyje ir itrio kiekis, tuo yra didesnė rizika susirgti cukriniu diabetu.

Su cukriniu diabetu neigiamai koreliuoja priesmėlių magnetinė apkrova (priesmel-e-mean -0,2416), priesmėlių geocheminė apkrova (priesmel-k-median -0,2413), amonio (NH_4_{vid} -0,2793) ir chloro (Cl_{min} -0,2398) kiekis požeminiame vandenyje. Kuo didesnė priesmėlių magnetinė ir geocheminė apkrova bei kuo didesnis chloro ir amonio kiekis požeminiame vandenyje, tuo mažesnė rizika susirgti cukriniu diabetu.

Piktybinių navikų priklausomybė nuo georodiklių grafiškai pavaizduota 3.7 paveiksle.



3.7 pav. Georodiklių įtaka piktybiniams navikams

Stipriausias koreliacinis ryšys piktybinių navikų yra su upių ilgiu (upiu ilgis plote), alavu (Sn), požeminio vandens rūgštingumu (ph_{vid}), natrio junginio su kalio (Na_K_{vid}) ir geležies (Feb_{vid}) kiekiu požeminiame vandenyje, pelkėm (pelkių plotas), ežerais (ezeru plot%) (3.7 pav.).

Neigiamas koreliacinis ryšys piktybinių navikų yra su chloro (Cl_{vid} -0,4710) ir natrio junginio su kaliumi (Na_K_{vid} -0,5455) kiekiu požeminiame vandenyje, vandens rūgštingumu (ph_{vid} -0,5471), taip pat su chromo (Cr -0,5025), alavo (Sn -0,5424) ir vario (Cu) kiekiu. Kuo didesnis vandens rūgštingumas ir chloro ir natrio junginio su kaliumi kiekis požeminiame vandenyje bei kuo didesnis chromo, alavo ir vario kiekis, tuo mažesnė rizika piktybinių navikų plitimui.

Teigiamas koreliacinis ryšys piktybinių navikų yra su magnetinio lauko gradiento reikšme ($tg_max +0,4184$) ir geležies ($Feb_vid +0,4552$; $Fe3_vid +0,3845$) kiekiu požeminiuose vandenyse. Kuo didesnė magnetinio lauko gradiento reikšmė ir geležies koncentracija požeminiame vandenyje, tuo yra didesnė rizika piktybiniais navikams.

Kuo daugiau upių toje teritorijoje, tuo mažesnė rizika susirgti piktybiniais navikais, bet kuo daugiau pelkių ir ežerų toje teritorijoje, tuo didesnė rizika susirgti piktybiniais navikais.

Galima padaryti išvadą, kad nustatytos atskirų nagrinėjamų susirgimų grupių sąsajos su geografinės aplinkos rodikliais (georodikliais). Šios sąsajos parodė, kad susirgimai turi statistinį ryšį su įvairiais aplinką apibūdinančiais rodikliais. Susirgimų su georodikliais sąsajos nevienodos ne tik pagal rodiklių koreliacijos koeficientus absoliutinius dydžius, bet skirtingi ir koreliacijos koeficientų ženklai. Didesnė rizika susirgti tam tikromis ligomis yra tuomet, kai vieno rodiklio reikšmės teritorijoje yra mažesnės, o kitų didesnės, t.y. kuo didesnis teigiamų georodiklių koreliacijos koeficientas, tuo bus didesnė rizika susirgimams ir kuo didesnis neigiamų georodiklių koreliacijos koeficientas, tuo bus mažesnė rizika susirgimams.

3.3. Analizei atrinkti rodikliai ir jų reikšmingumai (svoriai)

Koreliacinėje matricoje (2.24) apskaičiuotų koreliacijos koeficientų reikšmių statistinis patikimumas vertinamas taikant patikimumo lygmenį q , kuris parodo statistinį koreliacijos koeficientų reikšmingumą. Pagal pasirinktą patikimumo lygmenį q , atrinksime kokie georodikliai turį statistiškai reikšmingą įtaką galimiems susirgimams.

3.9 lentelėje yra pateikta ištrauka susirgimų koreliacijos koeficientų matricos. Koreliacinės analizės skaičiavimų rezultatai pateikti 8 priedo 8.1 lentelėje. Po kiekviena koreliacijos koeficiento reikšmė yra pateiktas patikimumo lygmuo q , pagal kurį ir buvo atrinkti georodikliai turintys statistiškai reikšmingą įtaką galimiems susirgimams.

3.9 lentelė. Susirgimų koreliacijos koeficientai

Rodiklis	Nervų sistemos ligos	Psichikos ir elgesio sutrikimai	Kraujotakos sistemos ligos	Kvėpavimo sistemos ligos	Tuberkuliozė	Cukrinis diabetas	Piktybiniai navikai
Geocheminių elementų koncentracijų rodikliai							
Ag				0,2785	0,2656		
				$q=0,07$	$q=0,08$		
Cr							-0,5025
							$q=0,00$
Cu	-0,1977						-0,4832
	$q=0,19$						$q=0,00$

Pagal (2.33) formulę buvo skaičiuojamos tikimybės georodiklių įtakai rizikai susirgti. Šis būdas užtikrina objektyvią duomenų analizę. Priimti tik tie georodikliai, kurių koreliacijos koeficientai su atitinkamais susirgimais yra reikšmingi, vadinasi, kurių koreliacijos koeficientų reikšmingumo lygmuo (tikimybė) $p \geq 0,90$, o patikimumo lygmuo $q \leq 0,10$.

Svorius nustatome pagal atrinktų reikšmingų rodiklių koreliacijos koeficientus su atitinkama susirgimo grupe reikšmes. Svoriai skaičiuojami pagal (2.35) formulę. Tyrimui reikalingi svoriai pateikti 3.10 lentelėje. Svoriai reikalingi Mahalanobi atstumams apskaičiuoti.

3.10 lentelė. Svoriai

Nervų sistemos ligos							
ph_vid	0,183	priesmel-e-mean	0,146	slopestdev	0,136	durpe-k-median	0,127
Nb	0,146	NH4_vid	0,138	Cu	0,124		
Psichikos ir elgesio sutrikimai							
gg min	0,104	Nb	0,178	Zr	0,225	NH4_vid	0,107
slopestdev	0,166	U	0,112	Na_K_vid	0,107		
Kraujotakos sistemos ligos							
NH4_vid	0,306	HCO3_min	0,210	Mg_min	0,240	Fe3_vid	0,244
Kvėpavimo sistemos ligos							
ph_vid	0,118	bmin_vid	0,071	Ag	0,104	slopestdev	0,113
upiu ilgis plote	0,103	NO2_NO3_vid	0,070	priemol-e-mean	0,107	Ca_min	0,122
Mg_vid	0,114	Fe3_vid	0,077				
Tuberkuliozė							
Feb_vid	0,078	Mg_vid	0,047	Fe3_vid	0,036	Ag	0,044
pOks_max	0,074	bkiet_vid	0,047	slopestdev	0,032	Na_K_vid	0,052
t max	0,059	ezeru plot%	0,045	Pb	0,044	P	0,060
Ca_vid	0,059	reljefmean	0,041	ph_vid	0,038	Cl_min	0,056
tg max	0,058	durpe-k-median	0,037	upiu ilgis plote	0,035	pelkiu plotas	0,055
Cukrinis diabetas							
gg max	0,097	Yb	0,078	Y	0,091	Na_K_max	0,061
t max	0,063	Nb	0,069	Cl_min	0,058	NH4_vid	0,068
tg max	0,079	Zr	0,073	Fe3_vid	0,082		
priesmel-e-mean	0,059	durpe-k-median	0,063	priesmel-k-median	0,059		
Piktybiniai navikai							
t max	0,029	tg max	0,033	Cr	0,039	Cu	0,038
misku plotas	0,025	pelkiu plotas	0,036	smeliu plotas	0,017	upiu ilgis plote	0,044
ezeru plot%	0,039	reljefmean	0,031	slopestdev	0,017	bmin_vid	0,034
Ga	0,029	Pb	0,019	Sn	0,042	U	0,032
V	0,036	Zr	0,025	hidroanomal	0,031	Cl_vid	0,037
durpe-k-median	0,029	priemol-k-mean	0,030	priesmel-e-mean	0,037	priesmel-k-mean	0,027
Fe3_vid	0,030	Mg_min	0,024	Na_K_vid	0,042	Feb_vid	0,036
NH4_vid	0,034	ph_vid	0,043	pOks_vid	0,037		

3.4. Teritorijų nekilnojamojo turto plėtrai prioritetinio rangavimo, taikant patobulintą TOPSIS metodą, rezultatai

Atrinkti reikšmingą įtaką susirgimams turintys rodikliai ir sudarius koreliacijos koeficientų matricą nustatytos atskirų nagrinėjamų susirgimų grupių sąsajos su georodikliais (geografinės aplinkos rodikliais). Reikalinga atlikti Lietuvos teritorijos rangavimą pagal mažiausią riziką atskiroms susirgimo grupėms, kai įvertinamos georodiklių tarpusavio priklausomybės. Tokiems uždaviniams spręsti taikomi daugiakriteriniai sprendimų priėmimo metodai. Daugiatiksliams uždaviniams spręsti sukurta daug metodų, bet šio tyrimo metu bus naudojamas patobulintas daugiakriterinio vertinimo TOPSIS metodas, įvertinant aplinkos gamtinių rodiklių (georodiklių) tarpusavio priklausomybę.

Tyrimų objektas – Lietuvos teritorija, o duomenys tyrimams – atrinkti aplinkos georodikliai kurie turi reikšmingas koreliacines priklausomybes su darbe nagrinėjamais susirgimais ir susirgimų sklaida Lietuvos teritorijoje. Priimti tik tie georodikliai, kurių koreliacijos koeficientai su atitinkamais susirgimais yra reikšmingi, vadinasi, kurių koreliacijos koeficientų reikšmingumo lygmuo (tikimybė) $p \geq 0,90$ patikimumo lygmuo $q \leq 0,10$. Kai kurie georodikliai reikšmingą koreliacinę priklausomybę turi ne tik su vienu susirgimu, bet su keliais.

Šiame etape, taikant regionų rangavimo metodiką, atliktas integruotas visos Lietuvos teritorijos rangavimas pagal nepalankumą susirgimams atskiromis ligoms.

TOPSIS-M (patobulinto) metodo sprendimo algoritmą sudaro šeši etapai:

- 1) matricos normalizavimas;
- 2) svorinės matricos sudarymas;
- 3) idealaus ir neigiamai idealaus variantų nustatymas;
- 4) nustatomas atstumas tarp lyginamosios i-tosios ir idealiai geriausios bei idealiai blogiausios alternatyvų;
- 5) nustatomas kiekvieno i-tosios alternatyvos santykinis atstumas iki idealios;
- 6) variantų prioritetų nustatymas.

Eksperimentiniai skaičiavimai buvo atliekami naudojant *STATGRAPICS Plus* (Дюк 1997), *Microsoft Exel 2010*, *Mathcad 14.0* programinius paketus. Žemėlapiai braižomi *ArcGIS 9.3* programa.

Remiantis 9 – 15 priedais buvo sudaryta palankiausio regiono nustatymui ligų paplitimo duomenų bazė (19 priedas). Pagal gautus rangavimo rezultatus, suformuotos diagramos ir nubraižyti skaitmeniniai žemėlapiai, apibendrintai vaizduojantys skirtingų ligų grupių paplitimą Lietuvos rajonuose. Gauti rezultatai

pavaizduoti 3.11 – 3.24 paveiksluose. Geriausia alternatyva ta, kurios santykinis atstumas iki idealaus sprendinio (C_j) didžiausias, t.y. mažesnės rizikos rajonų yra didesnės rangavimo rodiklių reikšmės.

Nervų sistemos ligų paplitimui

Uždavinys formuluojamas, sudarant sprendimų matricą iš A alternatyvų, aprašytų x rodikliais, t.y. sudaroma pradinė sprendimų priėmimo matrica.

Pradiniai duomenys nervų sistemos ligų paplitimui skaičiuoti pateikti 9 priedo 9.1 lentelėje, o šių duomenų ištrauka pateikta 3.11 lentelėje.

3.11 lentelė. Palankiausio regiono nustatymas nervų sistemos ligų paplitimui (duomenų bazė)

RAJONAI	Rodikliai							
	Kriterijus	ph_vid	Nb	priesmel-e-mean	NH4_vid	slopestdev	Cu	durpek-median
		x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
	ABS	0,2930	0,2337	0,2326	0,2208	0,2177	0,1977	0,2022
	Reikšmė	-0,2930	-0,2337	-0,2326	-0,2208	-0,2177	-0,1977	0,2022
	Optimizavimo kryptis	max	max	max	max	max	max	min
	Svoris	0,183	0,146	0,146	0,138	0,136	0,124	0,127
	Standartiniai nuokrypiai	0,225	1,407	0,620	0,196	0,333	1,770	25,303
Alternatyvos								
Alytaus r.	A1	6,530	14,612	6,599	0,601	1,112	10,075	69,681
Lazdijų r.	A2	7,572	13,697	6,438	0,682	1,040	8,087	51,789
Varėnos r.	A3	7,306	9,734	5,073	0,396	0,930	3,881	58,824
Jonavos r.	A4	7,452	12,628	6,313	0,616	0,988	11,520	117,599
Kaišiadorių r.	A5	7,631	13,971	5,953	0,656	1,274	12,297	63,504
⋮								
Vilniaus r.	A44	7,438	15,125	5,684	0,471	1,232	8,805	72,220

Matricos normalizavimas. Norint palyginti skirtingų dimensijų rodiklius, sprendimų matrica normalizuojama, skirtingų dimensijų rodikliai perskaičiuojami į bedimensius. Tam reikia turėti rodiklių standartinius nuokrypius $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$ kurie skaičiuojami naudojant 3.1 formulę.

$$\sigma_i = \sqrt{\sum_{ii}}, \quad (3.1)$$

čia $\sum_{ii}$ – rodiklių kovariacinės matricos diagonalės reikšmės.

Kad gauti rodiklių standartinius nuokrypius $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$ reikia turėti rodiklių kovariacinę matricą. Jos diagonalųjų reikšmių šaknys ir yra standartiniai nuokrypiai. Atliekant tyrimą rodiklių kovariacinė

matrica buvo skaičiuojama naudojantis *STATGRAPICS Plus* programa. Atlikus skaičiavimus gaunami duomenys pateikti 3.8 paveikslėlyje.

Covariances

	ph_vid	Nb	priesmel_e	NH4_vid	slopestdev	Cu	durpe_k_me
ph_vid	0,0506106 (44)	0,0136236 (44)	0,0524987 (44)	0,0146784 (44)	-0,00053869 (44)	0,119412 (44)	-1,44385 (44)
Nb	0,0136236 (44)	1,97862 (44)	0,15834 (44)	-0,0228854 (44)	0,218827 (44)	0,606842 (44)	5,9862 (44)
priesmel_e	0,0524987 (44)	0,15834 (44)	0,384502 (44)	0,0597164 (44)	0,0354317 (44)	0,576243 (44)	-5,14953 (44)
NH4_vid	0,0146784 (44)	-0,0228854 (44)	0,0597164 (44)	0,0382356 (44)	0,00835013 (44)	0,169257 (44)	-0,941238 (44)
slopestdev	-0,0005386 (44)	0,218827 (44)	0,0354317 (44)	0,00835013 (44)	0,111096 (44)	0,0062711 (44)	2,17291 (44)
Cu	0,119412 (44)	0,606842 (44)	0,576243 (44)	0,169257 (44)	0,00627111 (44)	3,13326 (44)	-10,7772 (44)
durpe_k_me	-1,44385 (44)	5,9862 (44)	-5,14953 (44)	-0,941238 (44)	2,17291 (44)	-10,7772 (44)	640,251 (44)

3.8 pav. Kovariacijos matrica

3.8 paveikslėlyje pateiktoje lentelėje pirma skaitinė reikšmė yra kovariacija, o po ja skliaustuose yra pateiktas alternatyvų skaičius. Skaičiavimams buvo naudojami tik diagonaliosios kovariacijos. Diagonalinių reikšmių šaknys ir yra standartiniai nuokrypiai, kurie pateikti 3.11 lentelėje ties eilute „Standartiniai nuokrypiai“.

Pradiniai duomenys standartizuojami naudojant (2.9) formulę. Gauname A matricą. Standartizuotų pradinių duomenų ištrauka pateikta 3.12 lentelėje.

3.12 lentelė. Standartizuojami pradiniai duomenys

	1	2	3	4	5	6	7
A1	29,026	10,388	10,642	3,074	3,336	5,692	2,754
A2	33,658	9,737	10,382	3,488	3,120	4,569	2,047
A3	32,476	6,920	8,181	2,025	2,790	2,193	2,325
A4	33,125	8,977	10,181	3,150	2,964	6,508	4,648
A5	33,920	9,932	9,600	3,355	3,822	6,947	2,510
A44	33,062	10,753	9,167	2,409	3,696	4,974	2,854

Svorinės matricos sudarymas. Be to dar reikia žinoti reikšmingumus (svorius). Turime turėti svorių diagonaliąją matricą. Svoriai pateikti 3.11 lentelėje ties eilute „Svoriai“. Svių skaičiavimo metodika aprašyta 2.5 skyrelyje.

Idealaus ir neigiamai idealaus variantų nustatymas. Dabar reikia išsiaiškinti, kurie rodikliai minimizuojami, o kurie maksimizuojami. Optimizavimo kryptis, kuri pateikta 3.11 lentelėje, nurodo, kuris rodiklis maksimizuojamas, o kuris minimizuojamas.

Iš A matricos, sudarome A^* ir A^- . Sudarant A^* matricą išrenkame visų variantų geriausius rodiklių reikšmes, o sudarant A^- matricą išrenkame visų variantų blogiausias rodiklių reikšmes. Geriausios reikšmės – maksimaliuose rodikliuose didžiausios reikšmės, o minimaliuose rodikliuose mažiausios reikšmės. Blogiausios reikšmės – maksimaliuose rodikliuose mažiausios reikšmės, o minimaliuose rodikliuose didžiausios reikšmės. A^* ir A^- matricų reikšmės pateiktos 3.13 lentelėje.

3.13 lentelė. Idealūs ir neigiamai idealūs variantai

Optimizavimo kryptis	max	max	max	max	max	max	min
A^*	34,383	10,753	11,739	5,227	4,227	7,042	0,948
A^-	29,026	6,782	6,814	1,018	0,456	2,193	7,020

Lyginamų variantų atstumų nustatymas. Skaičiuojami Mahalanobi atstumai pagal (2.14) ir (2.15) formules. Nustatomas kiekvienos A_j alternatyvos atstumas iki idealaus varianto bei nustatomas kiekvienos A_j alternatyvos atstumas iki neigiamai idealaus varianto. Bet prieš tai dar reikia apskaičiuoti koreliacijos matrica Σ ir atvirkštinė koreliacijos matrica Σ^{-1} .

Koreliacijos matrica buvo skaičiuojama naudojantis *STATGRAPICS Plus* programa. Atlikus skaičiavimus gaunami duomenys pateikti 3.2 paveikslėlyje.

Correlations						
	ph_vid	Nb	priesmel_e	NH4_vid	slopestdev	Cu
ph_vid		0,0431 (44) 0,7814	0,3763 (44) 0,0118	0,3337 (44) 0,0269	-0,0072 (44) 0,9631	0,2999 (44) 0,0480
Nb	0,0431 (44) 0,7814		0,1815 (44) 0,2383	-0,0832 (44) 0,5913	0,4667 (44) 0,0014	0,2437 (44) 0,1109
priesmel_e	0,3763 (44) 0,0118	0,1815 (44) 0,2383		0,4925 (44) 0,0007	0,1714 (44) 0,2658	0,5250 (44) 0,0003
NH4_vid	0,3337 (44) 0,0269	-0,0832 (44) 0,5913	0,4925 (44) 0,0007		0,1281 (44) 0,4072	0,4890 (44) 0,0008
slopestdev	-0,0072 (44) 0,9631	0,4667 (44) 0,0014	0,1714 (44) 0,2658	0,1281 (44) 0,4072		0,0106 (44) 0,9454
Cu	0,2999 (44) 0,0480	0,2437 (44) 0,1109	0,5250 (44) 0,0003	0,4890 (44) 0,0008	0,0106 (44) 0,9454	
durpe_k_me	-0,2536 (44) 0,0966	0,1682 (44) 0,2751	-0,3282 (44) 0,0296	-0,1902 (44) 0,2161	0,2576 (44) 0,0913	-0,2406 (44) 0,1156

3.9 pav. Koreliacijos matrica

3.9 paveikslėlyje pateiktoje lentelėje pirma skaitinė reikšmė yra koreliacijos reikšmė, o po ja skliaustuose yra pateiktas alternatyvų skaičius, trečias skaičius nurodo reikšmingumo lygį. Koreliacijos matrica pateikta 16 priedo 16.1 lentelėje.

Atvirkštinė koreliacijos matrica buvo skaičiuojama naudojantis *Mathcad 14.0* programa. Kontrolei buvo dar karta skaičiuota atvirkštinė koreliacijos matrica naudojantis *Microsoft Exel 2010* programos komanda *MINVERSE*. Atvirkštinė koreliacijos matrica pateikta 17 priedo 17.1 lentelėje.

3.10 paveikslėlyje yra pateikta nuotrauka, kurioje vaizduojama kaip buvo skaičiuota atvirkštinė koreliacijos matrica ir Mahalanobi atstumai su *Mathcad 14.0* programiniu paketu.

$$\begin{aligned}
 \text{KOR} &:= \begin{pmatrix} 1 & 0.0431 & 0.3763 & 0.3337 & -0.0072 & 0.2999 & -0.2536 \\ 0.0431 & 1 & 0.1815 & -0.0832 & 0.4667 & 0.2437 & 0.1682 \\ 0.3763 & 0.1815 & 1 & 0.4925 & 0.1714 & 0.525 & -0.3282 \\ 0.3337 & -0.0832 & 0.4925 & 1 & 0.1281 & 0.489 & -0.1902 \\ -0.0072 & 0.4667 & 0.1714 & 0.1281 & 1 & 0.0106 & 0.2576 \\ 0.2999 & 0.2437 & 0.525 & 0.489 & 0.0106 & 1 & -0.2406 \\ -0.2536 & 0.1682 & -0.3282 & -0.1902 & 0.2576 & -0.2406 & 1 \end{pmatrix} \\
 \text{KOR}^{-1} &= \begin{pmatrix} 1.242 & -0.075 & -0.265 & -0.241 & 0.08 & -0.06 & 0.16 \\ -0.075 & 1.615 & -0.175 & 0.605 & -0.747 & -0.612 & -0.188 \\ -0.265 & -0.175 & 1.8 & -0.455 & -0.273 & -0.497 & 0.417 \\ -0.241 & 0.605 & -0.455 & 1.738 & -0.41 & -0.692 & -0.043 \\ 0.08 & -0.747 & -0.273 & -0.41 & 1.525 & 0.41 & -0.316 \\ -0.06 & -0.612 & -0.497 & -0.692 & 0.41 & 1.79 & 0.118 \\ 0.16 & -0.188 & 0.417 & -0.043 & -0.316 & 0.118 & 1.311 \end{pmatrix} \\
 A1 &:= (-5.356 \quad -0.365 \quad -1.097 \quad -2.153 \quad -0.891 \quad -1.350 \quad 1.806) \\
 \text{SVOR} &:= \begin{pmatrix} 0.18 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.15 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.15 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.14 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.14 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.12 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.13 \end{pmatrix} \\
 \text{ATV_KOR} &:= \begin{pmatrix} 1.242 & -0.075 & -0.265 & -0.241 & 0.080 & -0.060 & 0.160 \\ -0.075 & 1.615 & -0.175 & 0.605 & -0.747 & -0.612 & -0.188 \\ -0.265 & -0.175 & 1.800 & -0.455 & -0.273 & -0.497 & 0.417 \\ -0.241 & 0.605 & -0.455 & 1.738 & -0.410 & -0.692 & -0.043 \\ 0.080 & -0.747 & -0.273 & -0.410 & 1.525 & 0.410 & -0.316 \\ -0.060 & -0.612 & -0.497 & -0.692 & 0.410 & 1.790 & 0.118 \\ 0.160 & -0.188 & 0.417 & -0.043 & -0.316 & 0.118 & 1.311 \end{pmatrix} \\
 \text{Sastumas} &:= \sqrt{A1 \cdot \text{SVOR} \cdot \text{ATV_KOR} \cdot \text{SVOR}^T \cdot A1^T} = 1.012
 \end{aligned}$$

3.10 pav. Mathcad 14.0 programos langas

(a) atvirkštinė koreliacijos matricos skaičiavimas b) Mahalanobi atstumų skaičiavimas

Santykinio atstumo iki idealaus sprendinio skaičiavimas. Nustatomas santykinis alternatyvos A_j artumas idealiam variantui A^* pagal (2.17) formulę. Santykinis atstumas iki idealaus sprendinio turi ribas $1 \geq C_j \geq 0$. Mahalanobi atstumai ir santykiniai atstumai iki idealaus sprendinio pateikti 3.14 lentelėje

3.14 lentelė. Mahalanobi atstumai ir santykiniai atstumai iki idealaus sprendinio (nervų sistemos ligoms)

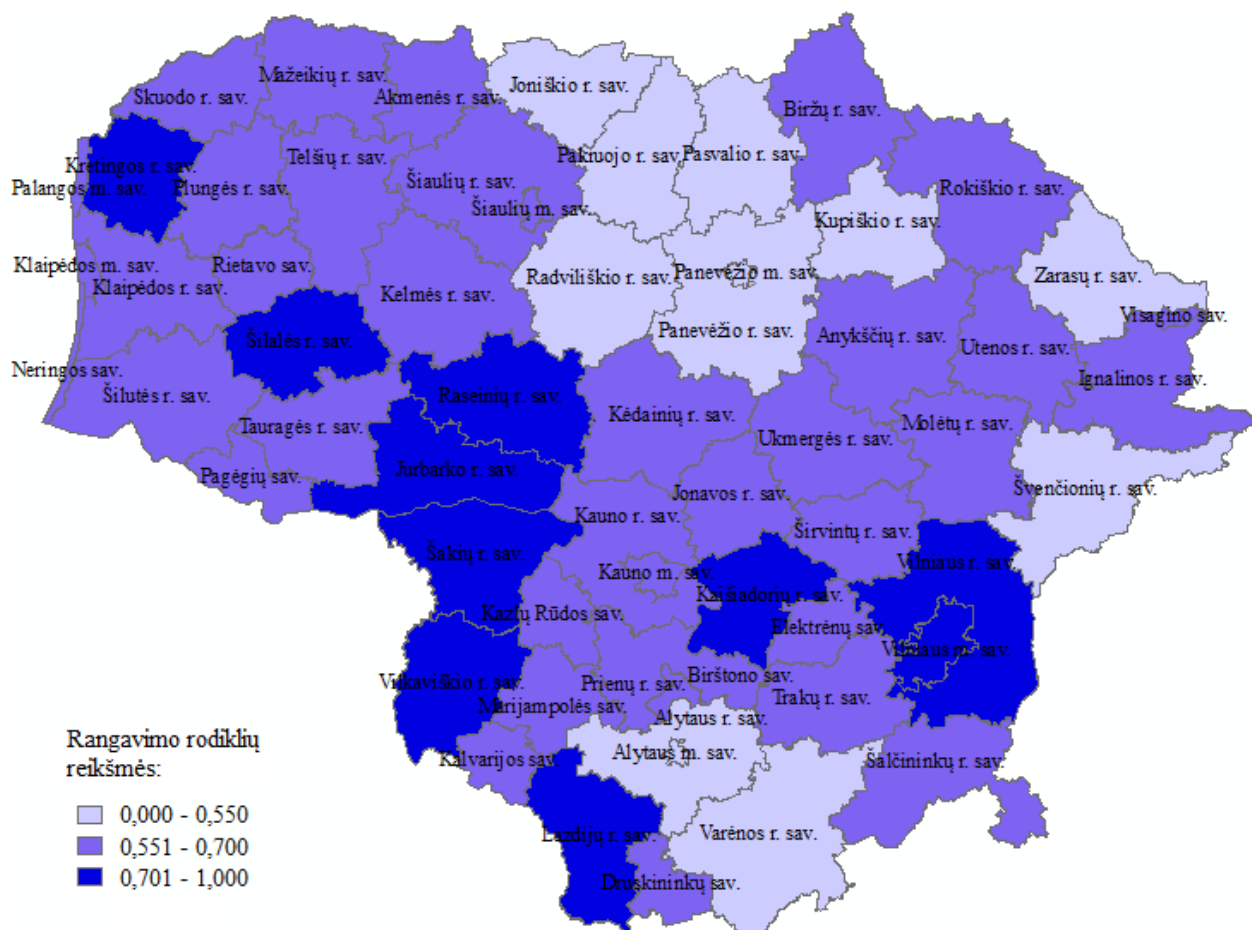
RAJONAS	Sj*	Sj	Cj	RAJONAS	Sj*	Sj	Cj
Alytaus r.	1,012	0,980	0,492	Joniškio r.	0,760	0,867	0,533
Lazdijų r.	0,369	1,136	0,755	Kelmės r.	0,480	1,108	0,698
Varėnos r.	0,825	0,983	0,544	Pakruojo r.	0,814	0,882	0,520
Jonavos r.	0,720	0,907	0,557	Radviliškio r.	0,741	0,821	0,526
Kaišiadorių r.	0,489	1,215	0,713	Šiaulių r.	0,491	1,046	0,681
Kauno r.	0,557	1,151	0,674	Jurbarko r.	0,444	1,248	0,738
Kėdainių r.	0,529	1,091	0,673	Šilalės r.	0,415	1,043	0,715
Prienų r.	0,487	1,138	0,700	Tauragės r.	0,518	0,923	0,641
Raseinių r.	0,523	1,244	0,704	Mažeikių r.	0,526	1,065	0,669

3.14 lentelės tęsinys

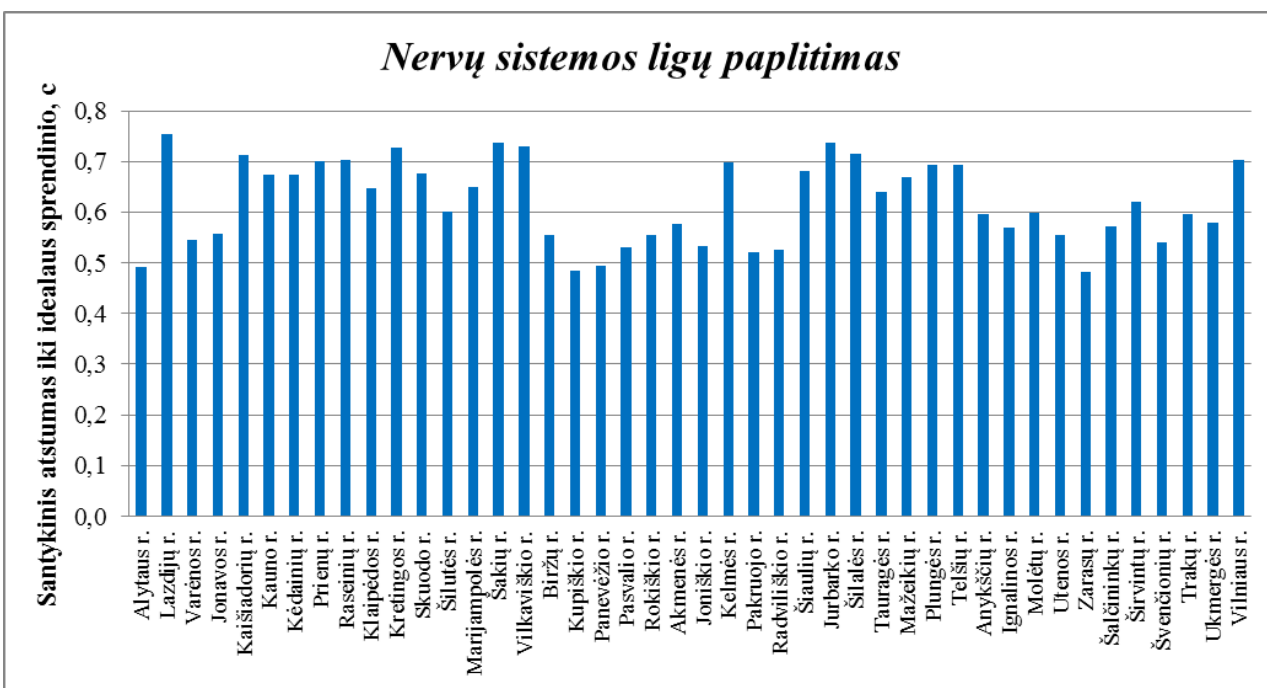
Klaipėdos r.	0,588	1,078	0,647	Plungės r.	0,479	1,081	0,693
Kretingos r.	0,440	1,173	0,727	Telšių r.	0,499	1,120	0,692
Skuodo r.	0,517	1,073	0,675	Anykščių r.	0,594	0,875	0,596
Šilutės r.	0,662	0,991	0,600	Ignalinos r.	0,664	0,880	0,570
Marijampolės r.	0,559	1,034	0,649	Molėtų r.	0,664	0,986	0,598
Šakių r.	0,438	1,226	0,737	Utenos r.	0,662	0,824	0,555
Vilkaviškio r.	0,415	1,117	0,729	Zarasų r.	0,969	0,899	0,481
Biržų r.	0,800	0,994	0,554	Šalčininkų r.	0,790	1,057	0,572
Kupiškio r.	0,784	0,738	0,485	Širvintų r.	0,630	1,029	0,620
Panevėžio r.	0,853	0,835	0,495	Švenčionių r.	0,663	0,782	0,541
Pasvalio r.	0,818	0,927	0,531	Trakų r.	0,640	0,947	0,597
Rokiškio r.	0,675	0,842	0,555	Ukmergės r.	0,652	0,898	0,579
Akmenės r.	0,690	0,936	0,576	Vilniaus r.	0,472	1,115	0,703

Variantų prioritetų nustatymas. Pagal C_j reikšmės sudaroma alternatyvų prioritetinė eilė. Geriausia alternatyva ta, kurios C_j reikšmė didžiausia, t.y. mažesnės rizikos rajonų yra didesnės rengavimo rodiklių reikšmės.

Atliktas rangavimas nervų sistemos ligoms Lietuvos teritorijoje, o gauti rezultatai pateikti 3.11 ir 3.12 paveiksluose.



3.11 pav. Nervų sistemos ligų rizikos žemėlapis



3.12 pav. Rizikos nervų sistemos ligoms rangavimo rezultatai

Rajonai, kuriuose mažiausia rizika susirgti nervų sistemos ligomis: Lazdijų r. (0,755), Jurbarko r. (0,738), Šakių r. (0,737). Tai yra geriausios alternatyvos, o nepalankiausi rajonai: Alytaus r. (0,492), Kupiškio r. (0,485) ir Zarasų r. (0,481).

Kitų sutrikimų ir susirgimų skaičiavimų eiga analogiška.

Psichikos ir elgesio sutrikimų ligų paplitimui

Pradiniai duomenys psichikos ir elgesio sutrikimų ligų paplitimui skaičiuoti pateikti 10 priedo 10.1 lentelėje. Standartiniai nuokrypiai pateikti 10 priedo 10.1 lentelėje ties eilute „Standartiniai nuokrypiai“. Svoriai pateikti 10 priedo 10.1 lentelėje ties eilute „Svoriai“. Koreliacijos matrica pateikta 16 priedo 16.2 lentelėje. Atvirkštinė koreliacijos matrica pateikta 17 priedo 17.2 lentelėje. Mahalanobi atstumai ir santykiniai atstumai iki idealaus sprendinio pateikti 3.15 lentelėje.

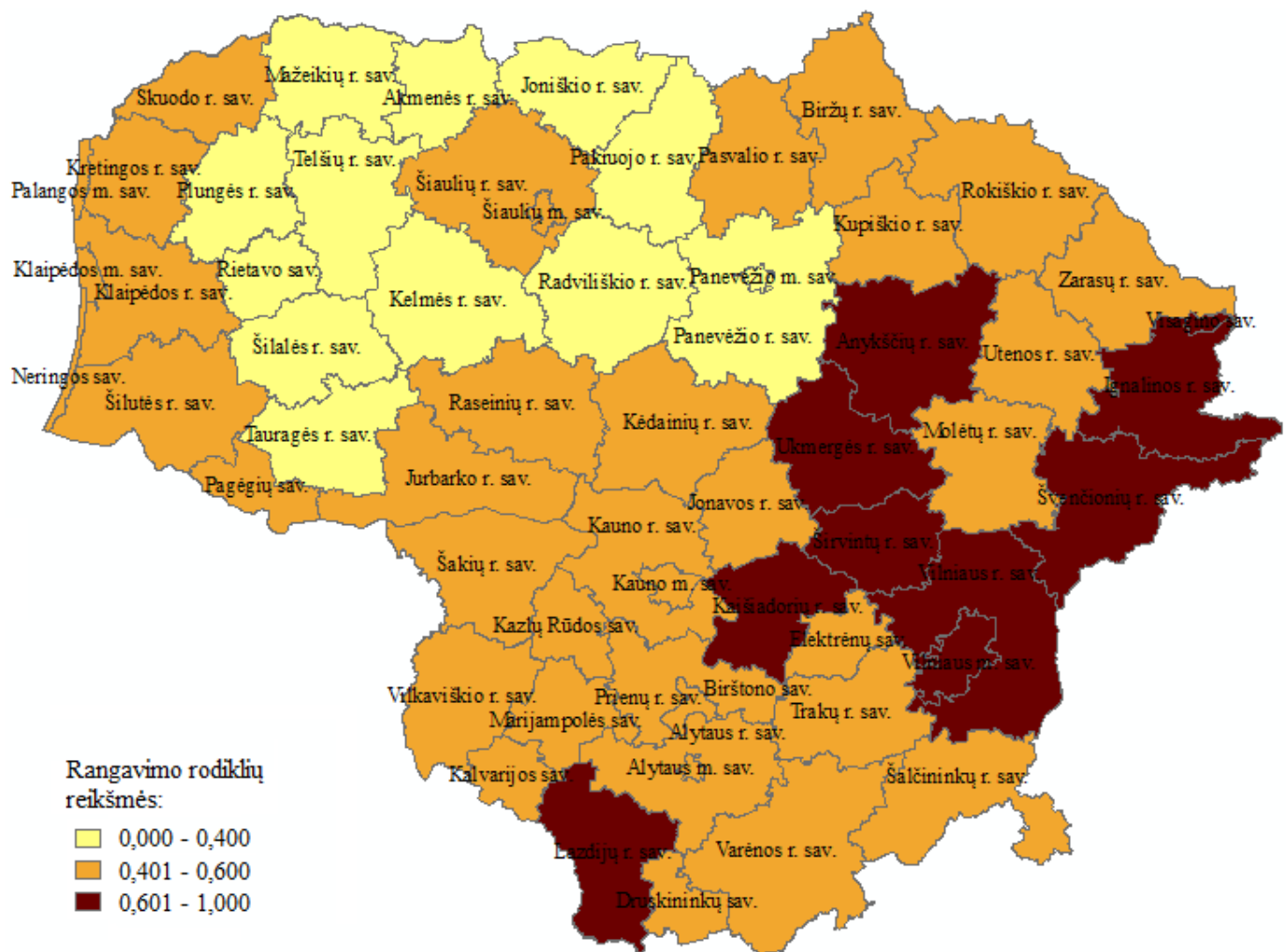
3.15 lentelė. Mahalanobi atstumai ir santykiniai atstumai iki idealaus sprendinio (psichikos sutrikimams)

RAJONAS	Sj*	Sj	Cj	RAJONAS	Sj*	Sj	Cj
Alytaus r.	1,140	0,993	0,466	Joniškio r.	1,069	0,540	0,336
Lazdijų r.	0,529	0,868	0,621	Kelmės r.	0,980	0,568	0,367
Varėnos r.	1,150	0,778	0,404	Pakruojo r.	0,980	0,512	0,343
Jonavos r.	0,778	0,642	0,452	Radviškio r.	0,940	0,490	0,343
Kaišiadorių r.	0,376	0,943	0,715	Šiaulių r.	0,823	0,634	0,435
Kauno r.	0,687	0,794	0,536	Jurbarko r.	0,784	0,804	0,506
Kėdainių r.	0,781	0,859	0,524	Šilalės r.	1,037	0,669	0,392
Prienų r.	0,727	0,822	0,531	Tauragės r.	1,026	0,616	0,375

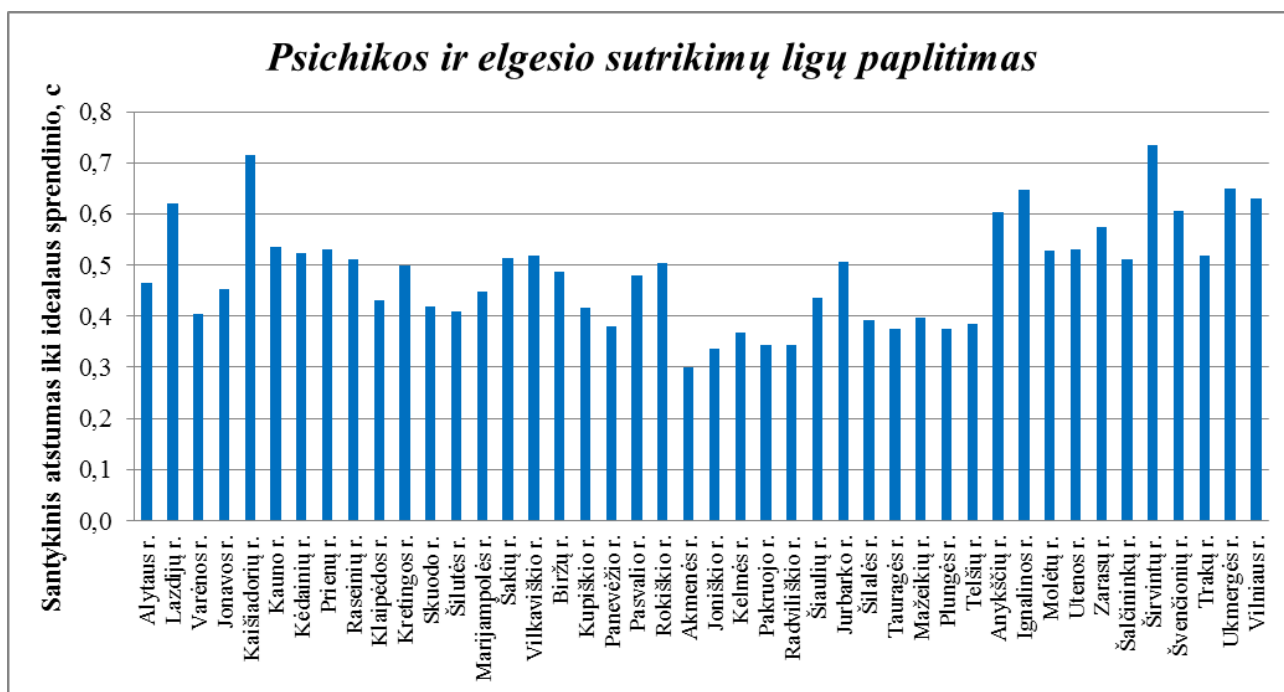
3.15 lentelės tęsinys

Raseinių r.	0,788	0,819	0,510	Mažeikių r.	0,901	0,595	0,398
Klaipėdos r.	0,903	0,686	0,432	Plungės r.	1,027	0,618	0,376
Kretingos r.	0,670	0,668	0,499	Telšių r.	1,052	0,662	0,386
Skuodo r.	0,954	0,685	0,418	Anykščių r.	0,508	0,774	0,604
Šilutės r.	1,043	0,718	0,408	Ignalinos r.	0,434	0,798	0,648
Marijampolės r.	0,745	0,607	0,449	Molėtų r.	0,623	0,701	0,529
Šakių r.	0,738	0,782	0,514	Utenos r.	0,698	0,786	0,530
Vilkaviškio r.	0,765	0,821	0,518	Zarasų r.	0,618	0,833	0,574
Biržų r.	1,170	1,113	0,488	Šalčininkų r.	0,733	0,764	0,510
Kupiškio r.	0,826	0,589	0,416	Širvintų r.	0,396	1,094	0,734
Panevėžio r.	0,929	0,571	0,381	Švenčionių r.	0,522	0,801	0,605
Pasvalio r.	0,825	0,761	0,480	Trakų r.	0,813	0,873	0,518
Rokiškio r.	0,738	0,749	0,504	Ukmergės r.	0,466	0,864	0,650
Akmenės r.	0,968	0,415	0,300	Vilniaus r.	0,553	0,940	0,630

Atliktas rangavimas psichikos ir elgesio sutrikimų ligų paplitimui Lietuvos teritorijoje, o gauti rezultatai pateikti 3.13 ir 3.14 paveiksluose.



3.13 pav. Psichikos ir elgesio sutrikimų rizikos žemėlapis



3.14 pav. Rizikos psichikos ir elgesio sutrikimams rangavimo rezultatai

Rajonai, kuriuose mažiausia rizika susirgti psichikos ir elgesio sutrikimų ligomis: Širvintų r. (0,734), Kaišiadorių r. (0,715), Ukmergės r. (0,650). Tai yra geriausios alternatyvos, o nepalankiausi rajonai: Radviliškio r. (0,343), Joniškio r. (0,336) ir Akmenės r. (0,300).

Kraujotakos ligų paplitimui

Pradiniai duomenys kraujotakos ligų paplitimui skaičiuoti pateikti 11 priedo 11.1 lentelėje. Standartiniai nuokrypiai pateikti 11 priedo 11.1 lentelėje ties eilute „Standartiniai nuokrypiai“. Svoriai pateikti 11 priedo 11.1 lentelėje ties eilute „Svoriai“. Koreliacijos matrica pateikta 16 priedo 16.3 lentelėje. Atvirkštinė koreliacijos matrica pateikta 17 priedo 17.3 lentelėje. Mahalanobi atstumai ir santykiniai atstumai iki idealaus sprendinio pateikti 3.16 lentelėje

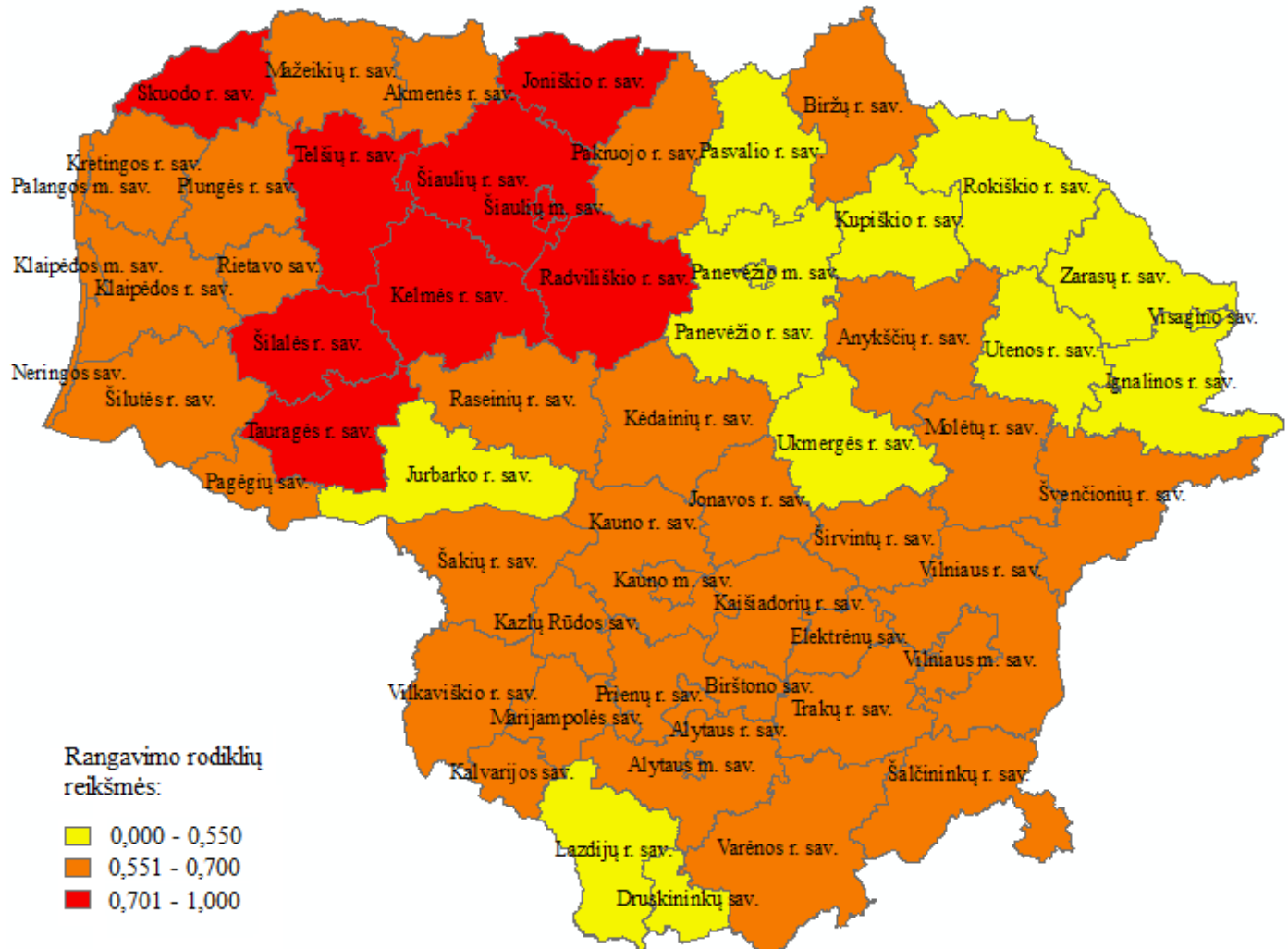
3.16 lentelė. Mahalanobi atstumai ir santykiniai atstumai iki idealaus sprendinio (kraujotakos ligoms)

RAJONAS	Sj*	Sj	Cj	RAJONAS	Sj*	Sj	Cj
Alytaus r.	0,980	1,237	0,558	Joniškio r.	0,501	1,655	0,768
Lazdijų r.	1,027	1,055	0,507	Kelmės r.	0,329	1,732	0,840
Varėnos r.	1,083	1,375	0,559	Pakruojo r.	0,739	1,603	0,684
Jonavos r.	0,983	1,301	0,570	Radviliškio r.	0,546	1,629	0,749
Kaišiadorių r.	1,038	1,324	0,561	Šiaulių r.	0,312	1,688	0,844
Kauno r.	0,968	1,436	0,597	Jurbarko r.	1,052	1,090	0,509
Kėdainių r.	0,876	1,420	0,618	Šilalės r.	0,349	1,627	0,823
Prienų r.	0,991	1,249	0,558	Tauragės r.	0,541	1,533	0,739
Raseinių r.	0,850	1,243	0,594	Mažeikių r.	0,764	1,492	0,661

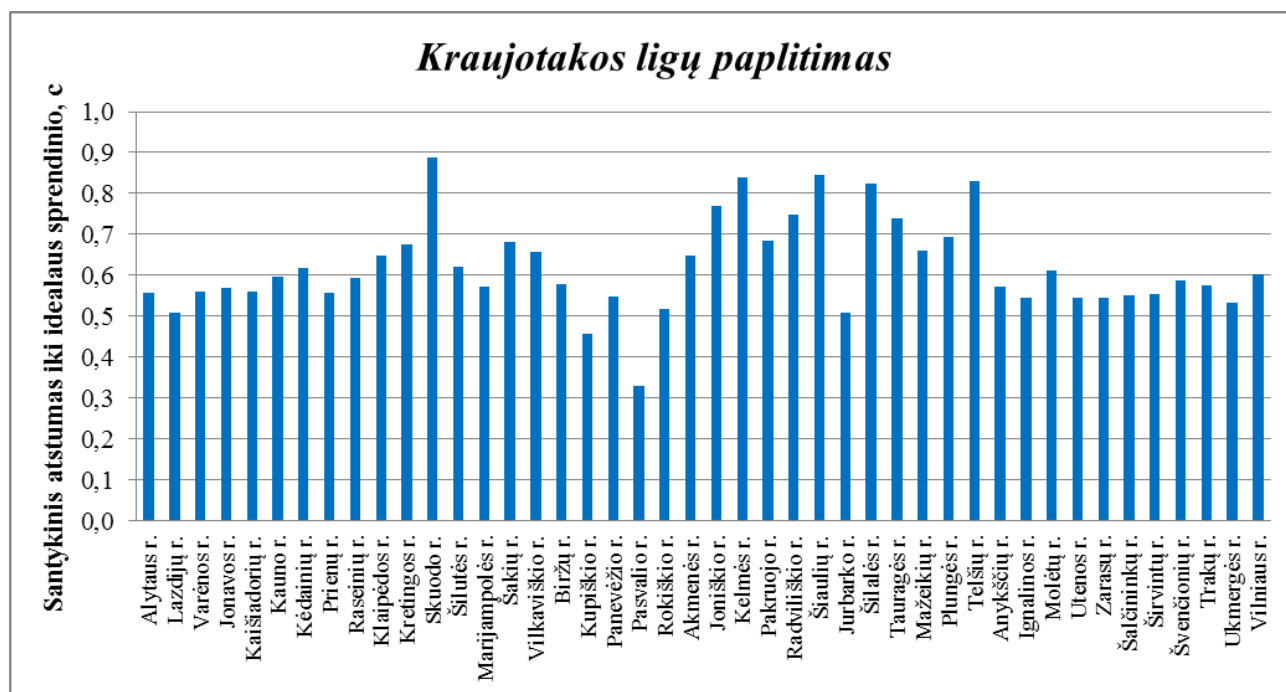
3.16 lentelės tęsinys

Klaipėdos r.	0,742	1,368	0,648	Plungės r.	0,647	1,469	0,694
Kretingos r.	0,683	1,426	0,676	Telšių r.	0,339	1,654	0,830
Skuodo r.	0,220	1,751	0,888	Anykščių r.	1,047	1,405	0,573
Šilutės r.	1,038	1,694	0,620	Ignalinos r.	1,053	1,266	0,546
Marijampolės r.	1,015	1,359	0,572	Molėtų r.	0,835	1,319	0,612
Šakių r.	0,710	1,511	0,680	Utenos r.	1,149	1,369	0,544
Vilkaviškio r.	0,733	1,413	0,658	Zarasų r.	1,065	1,270	0,544
Biržų r.	1,205	1,645	0,577	Šalčininkų r.	1,235	1,522	0,552
Kupiškio r.	1,437	1,209	0,457	Širvintų r.	0,998	1,241	0,554
Panevėžio r.	1,264	1,539	0,549	Švenčionių r.	1,021	1,456	0,588
Pasvalio r.	1,560	0,765	0,329	Trakų r.	1,000	1,348	0,574
Rokiškio r.	1,225	1,321	0,519	Ukmergės r.	1,081	1,241	0,534
Akmenės r.	0,770	1,413	0,647	Vilniaus r.	0,987	1,504	0,604

Atliktas rangavimas kraujotakos ligoms Lietuvos teritorijoje, o gauti rezultatai pateikti 3.15 ir 3.16 paveiksluose.



3.15 pav. Kraujotakos susirgimų rizikos žemėlapis



3.16 pav. Rizikos kraujotakos ligoms rangavimo rezultatai

Rajonai, kuriuose mažiausia rizika susirgti kraujotakos ligomis: Skuodo r. (0,888), Šiaulių r. (0,844), Kelmės r. (0,840). Tai yra geriausios alternatyvos, o nepalankiausi rajonai: Lazdijų (0,507), Kupiškio (0,457) ir Pasvalio r. (0,329).

Kvėpavimo sistemos ligų paplitimui

Pradiniai duomenys kvėpavimo sistemos ligų paplitimui skaičiuoti pateikti 12 priedo 12.1 lentelėje. Standartiniai nuokrypiai pateikti 12 priedo 12.1 lentelėje ties eilute „Standartiniai nuokrypiai“. Svoriai pateikti 12 priedo 12.1 lentelėje ties eilute „Svoriai“. Koreliacijos matrica pateikta 16 priedo 16.4 lentelėje. Atvirkštinė koreliacijos matrica pateikta 17 priedo 17.4 lentelėje. Mahalanobi atstumai ir santykiniai atstumai iki idealaus sprendinio pateikti 3.17 lentelėje.

3.17 lentelė. Mahalanobi atstumai ir santykiniai atstumai iki idealaus sprendinio (kvėpavimo ligoms)

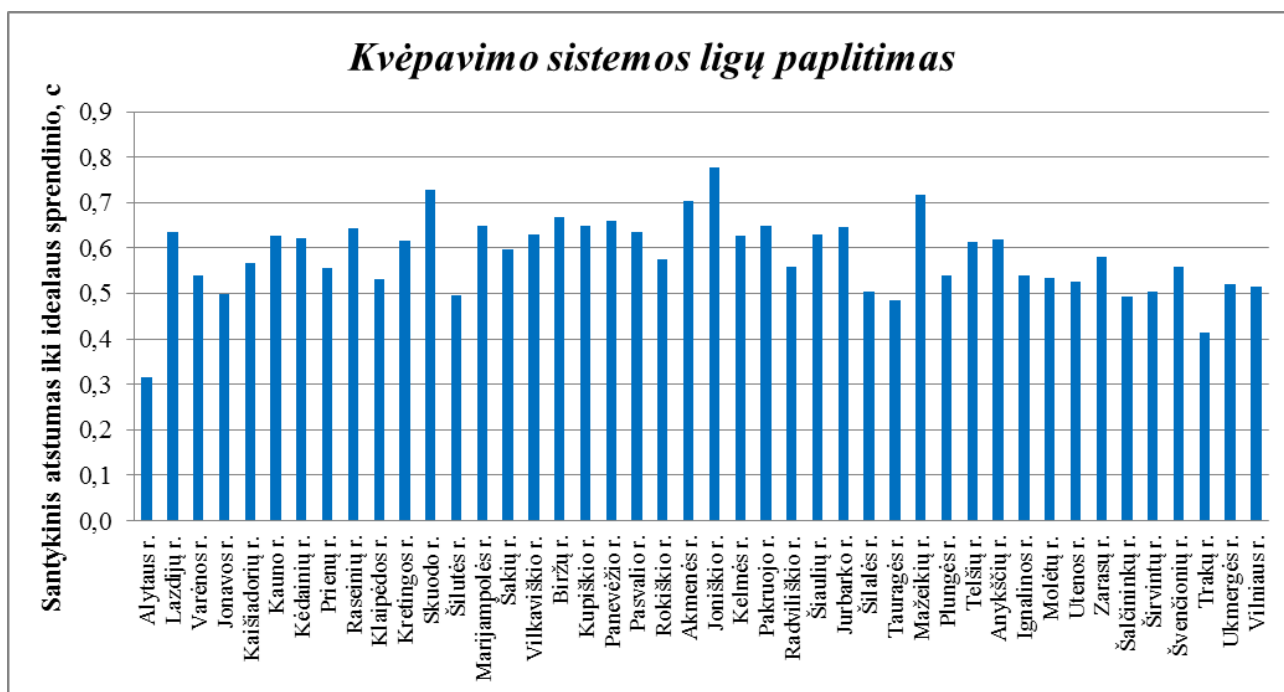
RAJONAS	Sj*	Sj	Cj	RAJONAS	Sj*	Sj	Cj
Alytaus r.	0,862	0,401	0,317	Joniškio r.	0,241	0,842	0,777
Lazdijų r.	0,454	0,791	0,635	Kelmės r.	0,438	0,741	0,628
Varėnos r.	0,625	0,731	0,539	Pakruojo r.	0,386	0,712	0,648
Jonavos r.	0,594	0,590	0,498	Radviškio r.	0,520	0,656	0,558
Kaišiadorių r.	0,537	0,706	0,568	Šiaulių r.	0,490	0,837	0,631
Kauno r.	0,500	0,844	0,628	Jurbarko r.	0,438	0,804	0,647
Kėdainių r.	0,445	0,732	0,622	Šilalės r.	0,611	0,621	0,504
Prienų r.	0,541	0,679	0,557	Tauragės r.	0,645	0,606	0,484

Raseinių r.	0,458	0,829	0,644	Mažeikių r.	0,317	0,801	0,716
Klaipėdos r.	0,601	0,684	0,532	Plungės r.	0,585	0,687	0,540
Kretingos r.	0,475	0,762	0,616	Telšių r.	0,510	0,810	0,614
Skuodo r.	0,330	0,882	0,728	Anykščių r.	0,451	0,730	0,618
Šilutės r.	0,768	0,756	0,496	Ignalinos r.	0,556	0,651	0,539
Marijampolės r.	0,426	0,783	0,648	Molėtų r.	0,570	0,654	0,534
Šakių r.	0,503	0,746	0,597	Utenos r.	0,534	0,596	0,527
Vilkaviškio r.	0,449	0,761	0,629	Zarasų r.	0,509	0,704	0,580
Biržų r.	0,373	0,748	0,667	Šalčininkų r.	0,634	0,613	0,492
Kupiškio r.	0,389	0,715	0,648	Širvintų r.	0,612	0,624	0,505
Panevėžio r.	0,383	0,745	0,660	Švenčionių r.	0,540	0,685	0,559
Pasvalio r.	0,407	0,708	0,635	Trakų r.	0,700	0,492	0,413
Rokiškio r.	0,479	0,649	0,575	Ukmergės r.	0,603	0,656	0,521
Akmenės r.	0,349	0,826	0,703	Vilniaus r.	0,639	0,682	0,516

Rangavimo rodiklių reikšmės:

- 0,000 - 0,500
- 0,501 - 0,650
- 0,651 - 1,000

3.17 pav. Kvėpavimo sistemos ligų rizikos žemėlapis



3.18 pav. Rizikos kvėpavimo sistemos ligoms rangavimo rezultatai

Rajonai, kuriuose mažiausia rizika susirgti kvėpavimo sistemos ligomis: Joniškio r. (0,777), Skuodo r. (0,728), Mažeikių r. (0,716). Tai yra geriausios alternatyvos, o nepalankiausi rajonai: Tauragės r. (0,484), Trakų r. (0,413) ir Alytaus r. (0,317).

Tuberkuliozės paplitimui

Pradiniai duomenys tuberkuliozės paplitimui skaičiuoti pateikti 13 priedo 13.1 lentelėje. Standartiniai nuokrypiai pateikti 13 priedo 13.1 lentelėje ties eilute „Standartiniai nuokrypiai“. Svoriai pateikti 13 priedo 13.1 lentelėje ties eilute „Svoriai“. Koreliacijos matrica pateikta 16 priedo 16.5 lentelėje. Atvirkštinė koreliacijos matrica pateikta 17 priedo 17.5 lentelėje. Mahalanobi atstumai ir santykiniai atstumai iki idealaus sprendinio pateikti 3.18 lentelėje.

3.18 lentelė. Mahalanobi atstumai ir santykiniai atstumai iki idealaus sprendinio (tuberkuliozei)

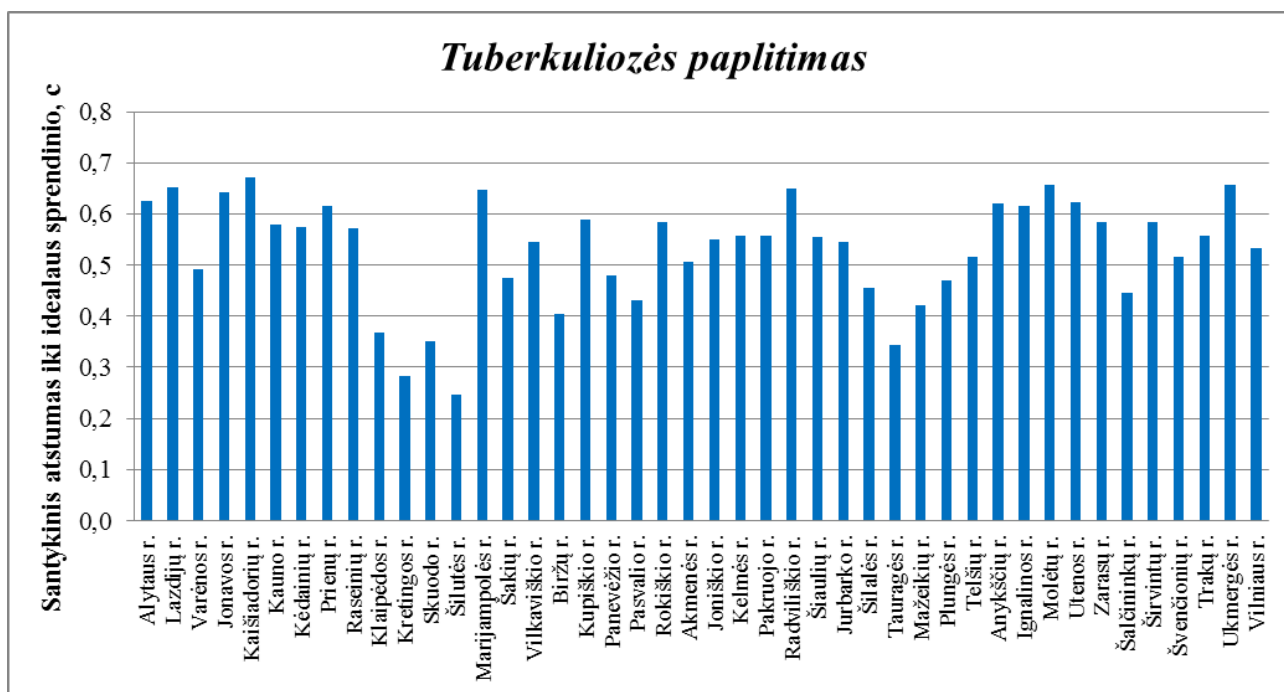
RAJONAS	Sj*	Sj	Cj	RAJONAS	Sj*	Sj	Cj
Alytaus r.	2,875	4,788	0,625	Joniškio r.	4,239	5,191	0,550
Lazdijų r.	2,493	4,662	0,652	Kelmės r.	3,578	4,512	0,558
Varėnos r.	4,182	4,027	0,491	Pakruojo r.	4,156	5,248	0,558
Jonavos r.	2,696	4,864	0,643	Radviškio r.	2,842	5,286	0,650
Kaišiadorių r.	2,559	5,217	0,671	Šiaulių r.	3,500	4,379	0,556
Kauno r.	3,358	4,608	0,578	Jurbarko r.	3,407	4,078	0,545
Kėdainių r.	3,438	4,627	0,574	Šilalės r.	3,860	3,238	0,456
Prienų r.	2,825	4,541	0,616	Tauragės r.	5,222	2,731	0,343
Raseinių r.	3,141	4,217	0,573	Mažeikių r.	5,010	3,661	0,422

Klaipėdos r.	5,266	3,054	0,367	Plungės r.	3,947	3,500	0,470
Kretingos r.	5,716	2,256	0,283	Telšių r.	3,684	3,948	0,517
Skuodo r.	4,893	2,629	0,350	Anykščių r.	2,877	4,685	0,620
Šilutės r.	6,638	2,182	0,247	Ignalinos r.	2,908	4,643	0,615
Marijampolės r.	2,703	4,943	0,646	Molėtų r.	2,483	4,748	0,657
Šakių r.	4,439	3,993	0,474	Utenos r.	2,984	4,945	0,624
Vilkaviškio r.	3,498	4,180	0,544	Zarasų r.	3,565	4,984	0,583
Biržų r.	4,641	3,153	0,405	Šalčininkų r.	5,354	4,315	0,446
Kupiškio r.	3,335	4,773	0,589	Širvintų r.	3,038	4,267	0,584
Panevėžio r.	4,483	4,144	0,480	Švenčionių r.	4,333	4,616	0,516
Pasvalio r.	5,106	3,848	0,430	Trakų r.	3,407	4,300	0,558
Rokiškio r.	3,231	4,522	0,583	Ukmergės r.	2,633	5,028	0,656
Akmenės r.	4,302	4,420	0,507	Vilniaus r.	3,744	4,268	0,533

Rangavimo rodiklių reikšmės:

- 0,000 - 0,450
- 0,451 - 0,600
- 0,601 - 1,000

62



3.20 pav. Rizikos tuberkuliozės susirgimams rangavimo rezultatai

Rajonai, kuriuose mažiausia rizika susirgti tuberkulioze: Kaišiadorių r. (0,671), Molėtų r. (0,657), Ukmergės r. (0,656). Tai yra geriausios alternatyvos, o nepalankiausi rajonai: Tauragės r. (0,343), Kretingos r. (0,283) ir Šilutės r. (0,247).

Cukrinio diabeto paplitimui

Pradiniai duomenys cukrinio diabeto paplitimui skaičiuoti pateikti 14 priedo 14.1 lentelėje. Standartiniai nuokrypiai pateikti 14 priedo 14.1 lentelėje ties eilute „Standartiniai nuokrypiai“. Svoriai pateikti 14 priedo 14.1 lentelėje ties eilute „Svoriai“. Koreliacijos matrica pateikta 16 priedo 16.6 lentelėje. Atvirkštinė koreliacijos matrica pateikta 17 priedo 17.6 lentelėje. Mahalanobi atstumai ir santykiniai atstumai iki idealaus sprendinio pateikti 3.19 lentelėje.

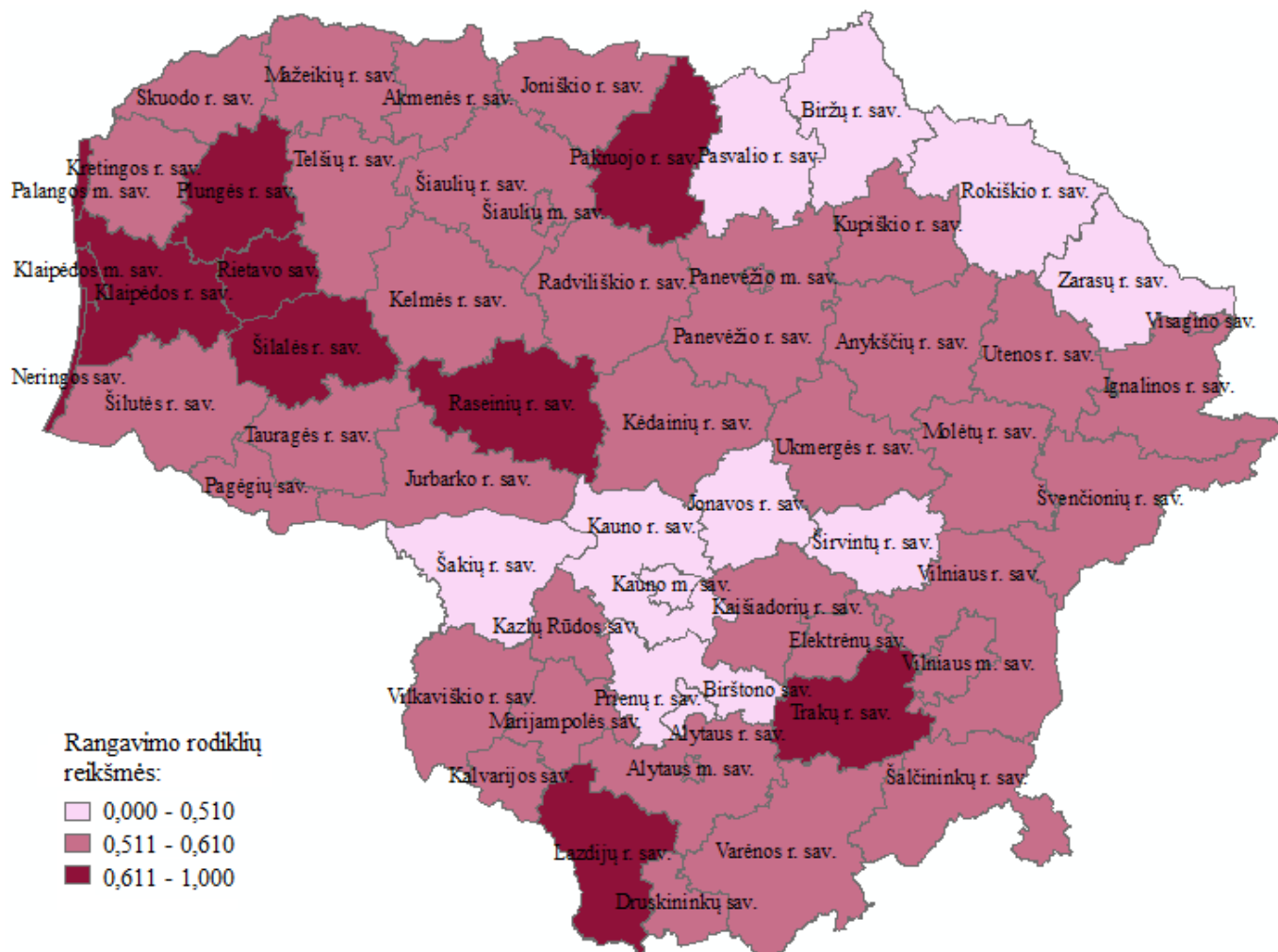
3.19 lentelė. Mahalanobi atstumai ir santykiniai atstumai iki idealaus sprendinio (cukriniam diabetui)

RAJONAS	Sj*	Sj	Cj	RAJONAS	Sj*	Sj	Cj
Alytaus r.	0,529	0,666	0,557	Joniškio r.	0,410	0,588	0,589
Lazdijų r.	0,412	0,675	0,621	Kelmės r.	0,468	0,705	0,601
Varėnos r.	0,475	0,661	0,582	Pakruojo r.	0,395	0,678	0,632
Jonavos r.	0,642	0,660	0,507	Radviškio r.	0,436	0,618	0,586
Kaišiadorių r.	0,534	0,643	0,546	Šiaulių r.	0,550	0,691	0,557
Kauno r.	0,525	0,513	0,494	Jurbarko r.	0,565	0,656	0,537
Kėdainių r.	0,607	0,689	0,532	Šilalės r.	0,374	0,702	0,652
Prienų r.	0,559	0,575	0,507	Tauragės r.	0,486	0,699	0,590
Raseinių r.	0,407	0,668	0,621	Mažeikių r.	0,500	0,675	0,574

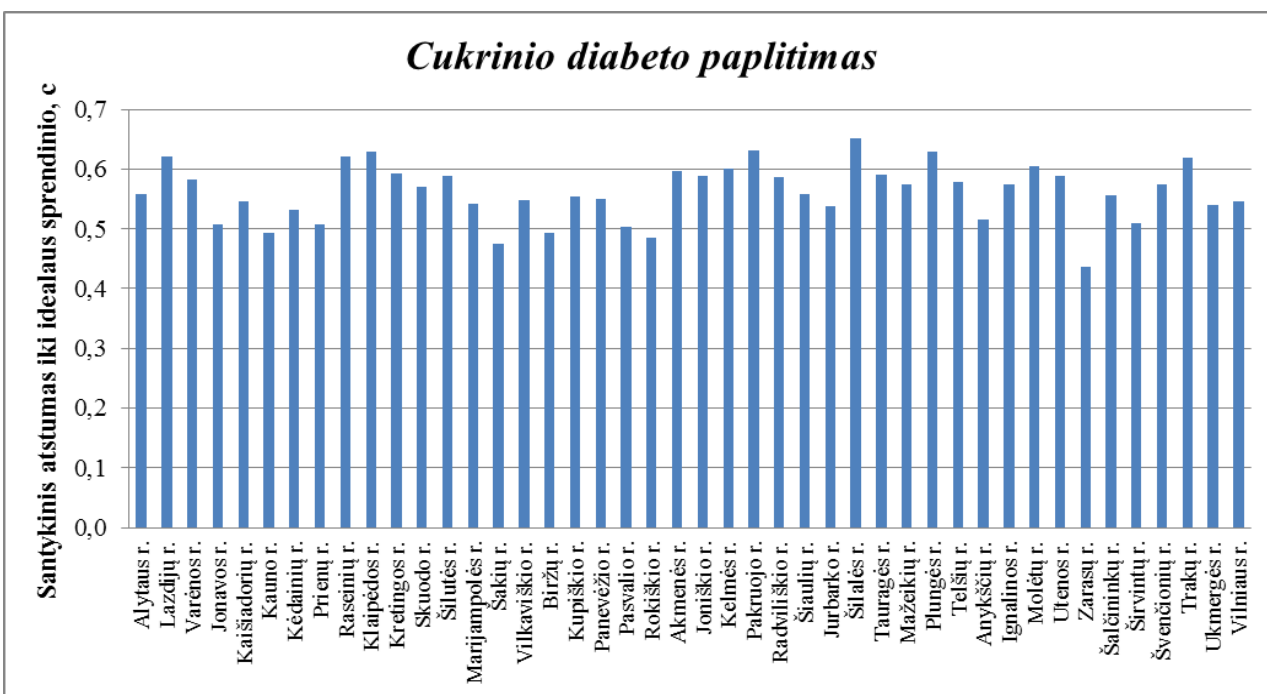
3.19 lentelės tęsinys

Klaipėdos r.	0,377	0,637	0,628	Plungės r.	0,393	0,669	0,630
Kretingos r.	0,477	0,696	0,593	Telšių r.	0,471	0,645	0,578
Skuodo r.	0,445	0,590	0,570	Anykščių r.	0,570	0,607	0,516
Šilutės r.	0,457	0,651	0,588	Ignalinos r.	0,443	0,596	0,574
Marijampolės r.	0,605	0,712	0,541	Molėtų r.	0,411	0,627	0,604
Šakių r.	0,577	0,522	0,475	Utenos r.	0,454	0,647	0,588
Vilkaviškio r.	0,538	0,650	0,547	Zarasų r.	0,625	0,484	0,436
Biržų r.	0,572	0,559	0,494	Šalčininkų r.	0,602	0,751	0,555
Kupiškio r.	0,521	0,645	0,553	Širvintų r.	0,570	0,594	0,510
Panevėžio r.	0,516	0,628	0,549	Švenčionių r.	0,461	0,624	0,575
Pasvalio r.	0,615	0,622	0,503	Trakų r.	0,447	0,723	0,618
Rokiškio r.	0,624	0,587	0,485	Ukmergės r.	0,503	0,590	0,540
Akmenės r.	0,431	0,638	0,597	Vilniaus r.	0,539	0,646	0,545

Atliktas rangavimas cukrinio diabeto Lietuvos teritorijoje, o gauti rezultatai pateikti 3.21 ir 3.22 paveiksluose.



3.21 pav. Cukrinio diabeto susirgimų rizikos žemėlapis



3.22 pav. Rizikos cukrinio diabeto susirgimams rangavimo rezultatai

Rajonai, kuriuose mažiausia rizika susirgti cukrinių diabetu: Šilalės r. (0,652), Pakruojo r. (0,632), Plungės r. (0,630). Tai yra geriausios alternatyvos, o nepalankiausi rajonai: Rokiškio r. (0,485), Šakių r. (0,475) ir Zarasų r. (0,436).

Piktybinių navikų paplitimui

Pradiniai duomenys piktybinių navikų paplitimui skaičiuoti pateikti 15 priedo 15.1 lentelėje. Standartiniai nuokrypiai pateikti 15 priedo 15.1 lentelėje ties eilute „Standartiniai nuokrypiai“. Svoriai pateikti 15 priedo 15.1 lentelėje ties eilute „Svoriai“. Koreliacijos matrica pateikta 16 priedo 16.7 lentelėje. Atvirkštinė koreliacijos matrica pateikta 17 priedo 17.7 lentelėje. Mahalanobi atstumai ir santykiniai atstumai iki idealaus sprendinio pateikti 3.20 lentelėje.

3.20 lentelė. Mahalanobi atstumai ir santykiniai atstumai iki idealaus sprendinio (piktybiniais navikams)

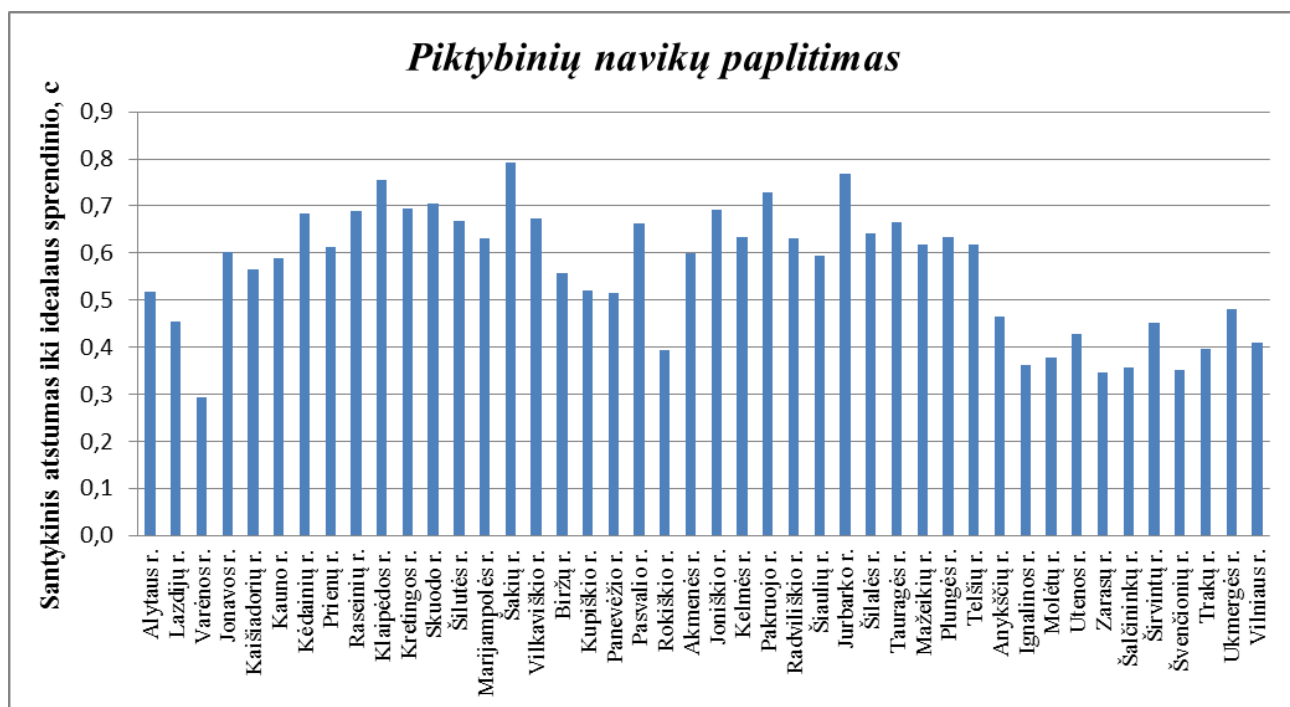
RAJONAS	Sj*	Sj	Cj	RAJONAS	Sj*	Sj	Cj
Alytaus r.	1,356	1,462	0,519	Joniškio r.	0,862	1,931	0,691
Lazdijų r.	1,530	1,275	0,455	Kelmės r.	1,022	1,772	0,634
Varėnos r.	2,071	0,864	0,294	Pakruojo r.	0,751	2,027	0,730
Jonavos r.	1,104	1,673	0,602	Radviliškio r.	1,025	1,755	0,631
Kaišiadorių r.	1,215	1,582	0,566	Šiaulių r.	1,127	1,659	0,595
Kauno r.	1,138	1,628	0,589	Jurbarko r.	0,647	2,142	0,768
Kėdainių r.	0,877	1,897	0,684	Šilalės r.	1,002	1,802	0,643
Prienų r.	1,084	1,707	0,612	Tauragės r.	0,930	1,846	0,665
Raseinių r.	0,867	1,915	0,688	Mažeikių r.	1,073	1,730	0,617

Klaipėdos r.	0,684	2,099	0,754	Plungės r.	1,031	1,780	0,633
Kretingos r.	0,855	1,936	0,694	Telšių r.	1,073	1,739	0,618
Skuodo r.	0,825	1,984	0,706	Anykščių r.	1,493	1,292	0,464
Šilutės r.	0,931	1,870	0,668	Ignalinos r.	1,782	1,006	0,361
Marijampolės r.	1,021	1,751	0,632	Molėtų r.	1,755	1,061	0,377
Šakių r.	0,579	2,219	0,793	Utenos r.	1,604	1,203	0,429
Vilkaviškio r.	0,914	1,877	0,673	Zarasų r.	1,838	0,978	0,347
Biržų r.	1,233	1,558	0,558	Šalčininkų r.	1,811	1,007	0,357
Kupiškio r.	1,340	1,459	0,521	Širvintų r.	1,535	1,261	0,451
Panevėžio r.	1,354	1,443	0,516	Švenčionių r.	1,823	0,988	0,351
Pasvalio r.	0,954	1,871	0,662	Trakų r.	1,708	1,117	0,395
Rokiškio r.	1,683	1,095	0,394	Ukmergės r.	1,449	1,340	0,480
Akmenės r.	1,119	1,675	0,599	Vilniaus r.	1,663	1,152	0,409

Rangavimo rodiklių reikšmės:

- 0,000 - 0,400
- 0,401 - 0,650
- 0,651 - 1,000

66



3.24 pav. Rizikos piktybinių navikų susirgimams rangavimo rezultatai

Rajonai, kuriuose mažiausia rizika susirgti piktybiniu naviku: Šakių r. (0,793), Jurbarko r. (0,768), Klaipėdos r. (0,754). Tai yra geriausios alternatyvos, o nepalankiausi rajonai: Švenčionių r. (0,351), Zarasų r. (0,347) ir Varėnos r. (0,294).

Atliktas Lietuvos teritorijos rangavimas pagal mažiausia riziką atskiroms susirgimo grupėms, kai įvertinamos georodiklių tarpusavio priklausomybės. Geriausia alternatyva ta, kurios santykinis atstumas iki idealaus sprendinio (C_j) didžiausias, t.y. mažesnės rizikos rajonų yra didesnės rangavimo rodiklių reikšmės.

Išnagrinėjus grafinę medžiagą pateiktą 3.11 - 3.24 paveiksluose, galima teigti, kad skirtingų ligų grupių atžvilgiu regionų rangas pagal rizikos susirgimo laipsnį yra skirtingas. Tai reiškia, kad georodiklių įtaka regionams mažesnei ar didesnei rizikai susirgti tam tikroms ligų grupėms yra skirtinga. Dėl to, pasirenkant gyvenamąją vietą, planuojant gydymą ar sanatorijų plėtrą, reikia šiuos rodiklius įvertinti atsižvelgiant į sveikatos ypatumus.

3.5. Eksperimentinių skaičiavimų rezultatų analizė

Reikalinga atlikti rangavimo rezultatų, gautų taikant atstumo idealiam taškui (TOPSIS) metodą, įvertinant rodiklių tarpusavio koreliacines priklausomybes, palyginimą ir analizę su Volungevičiūtės (2012) sprendiniais, gautais neįvertinant rodiklių tarpusavio priklausomybių. Bus palyginamos dvi sudarytos palankiausio regiono nustatymo ligų paplitimo duomenų bazės. 18 priede pateikta Volungevičiūtės (2012) duomenų bazė sudaryta atliekant Lietuvos teritorijos rangavimą pagal mažiausią riziką atskiroms susirgimo grupėms, kai neįvertinamos georodiklių tarpusavio priklausomybės. 19 priede pateikta duomenų bazė sudaryta atliekant Lietuvos teritorijos rangavimą pagal mažiausią riziką atskiroms susirgimo grupėms, kai įvertinamos georodiklių tarpusavio priklausomybės.

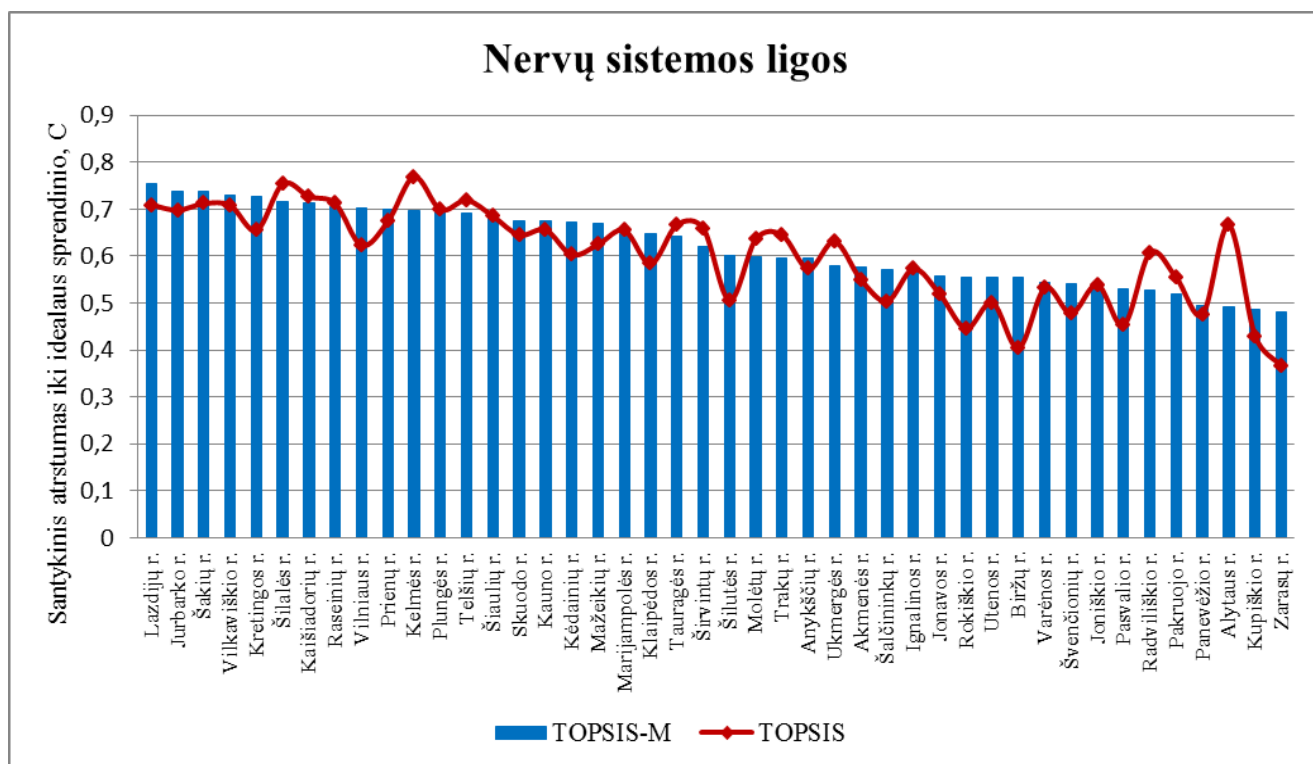
Remiantis skaičiavimais, galima daryti prielaidas, kad galima naudoti kelis daugiatakslius sprendimo priėmimo metodus ir gauti skirtingus atsakymus į tą pačią problemą. Sprendžiant Lietuvos teritorijos rangavimo pagal riziką susirgti tam tikromis ligomis uždavinį, buvo taikomas TOPSIS metodas naudojant Euklido atstumus (TOPSIS metodas) ir Mahalanobio atstumus (TOPSIS-M metodas). TOPSIS metode neįvertinama rodiklių tarpusavio priklausomybė, TOPSIS-M metode įvertinama rodiklių tarpusavio priklausomybė. Gauti skirtingi sprendimai.

Pagal gautus dviejų metodų rezultatus suformuotos diagramos apibendrintai vaizduojantys skirtingų ligų grupių paplitimą Lietuvos rajonuose. Dviejų metodų (TOPSIS ir TOPSIS-M) rezultatų palyginimas pavaizduoti 3.25 – 3.31 paveiksluose. Geriausia alternatyva ta, kurios santykinis atstumas iki idealaus sprendinio (C_j) didžiausias, t.y. mažesnės rizikos rajonų yra didesnės rangavimo rodiklių reikšmės.

Rizikos nervų sistemos ligoms rangavimo rezultatų palyginimas pateiktas 3.25 paveiksle.

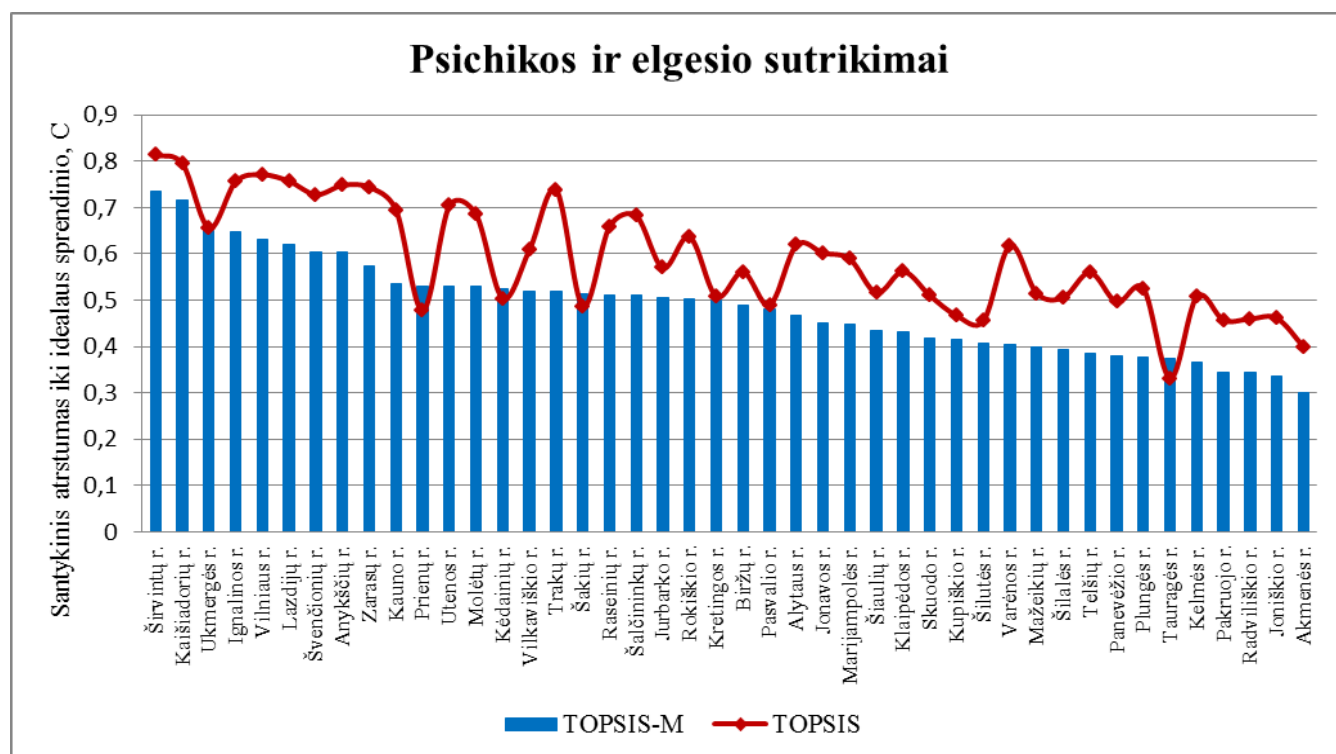
Atsižvelgus į rodiklių tarpusavio priklausomybę rajonai, kuriuose mažiausia rizika susirgti nervų sistemos ligomis: Lazdijų r. (0,755), Jurbarko r. (0,738), Šakių r. (0,737). Tai yra geriausios alternatyvos, o nepalankiausi rajonai: Alytaus r. (0,492), Kupiškio r. (0,485) ir Zarasų r. (0,481).

Neatsižvelgiant į rodiklių tarpusavio priklausomybę rajonai, kuriuose mažiausia rizika susirgti nervų sistemos ligomis: Kelmės r. (0,769), Šilalės r. (0,754), Kaišiadorių r. (0,727). Tai yra geriausios alternatyvos, o nepalankiausi rajonai: Kupiškio r. (0,430), Biržų r. (0,404) ir Zarasų r. (0,366).



3.25 pav. Rizikos nervų sistemos ligoms rangavimo rezultatų palyginimas

Rizikos psichikos ir elgesio sutrikimams rangavimo rezultatų palyginimas pateiktas 3.26 paveiksle.

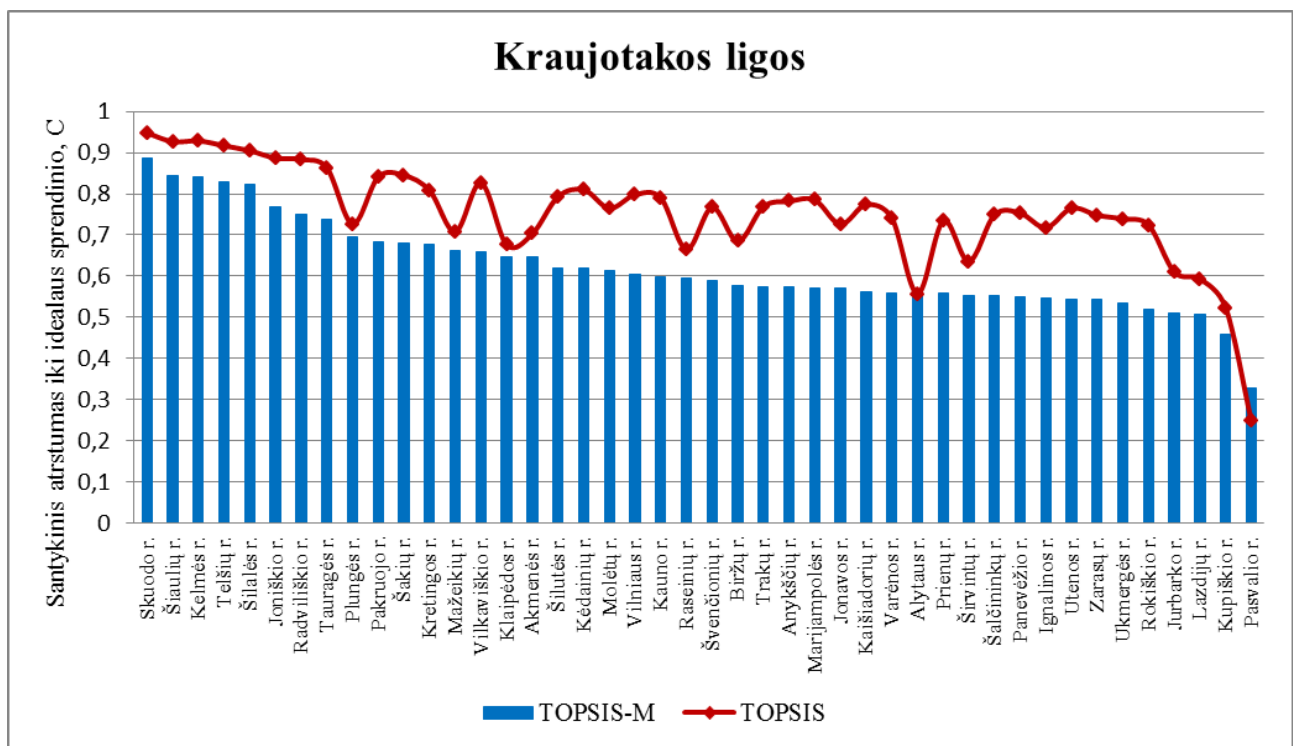


3.26 pav. Rizikos psichikos ir elgesio sutrikimams rangavimo rezultatų palyginimas

Atsižvelgus į rodiklių tarpusavio priklausomybę rajonai, kuriuose mažiausia rizika susirgti psichikos ir elgesio sutrikimų ligomis: Širvintų r. (0,734), Kaišiadorių r. (0,715), Ukmergės r. (0,650). Tai yra geriausios alternatyvos, o nepalankiausi rajonai: Radviliškio r. (0,343), Joniškio r. (0,336) ir Akmenės r. (0,300).

Neatsižvelgiant į rodiklių tarpusavio priklausomybę rajonai, kuriuose mažiausia rizika susirgti psichikos ir elgesio sutrikimų ligomis: Širvintų r. (0,814), Kaišiadorių r. (0,795), Vilniaus r. (0,771). Tai yra geriausios alternatyvos, o nepalankiausi rajonai: Šilutės r. (0,455), Akmenės r. (0,399) ir Tauragės r. (0,331).

Rizikos kraujotakos ligoms rangavimo rezultatų palyginimas pateiktas 3.27 paveiksle.

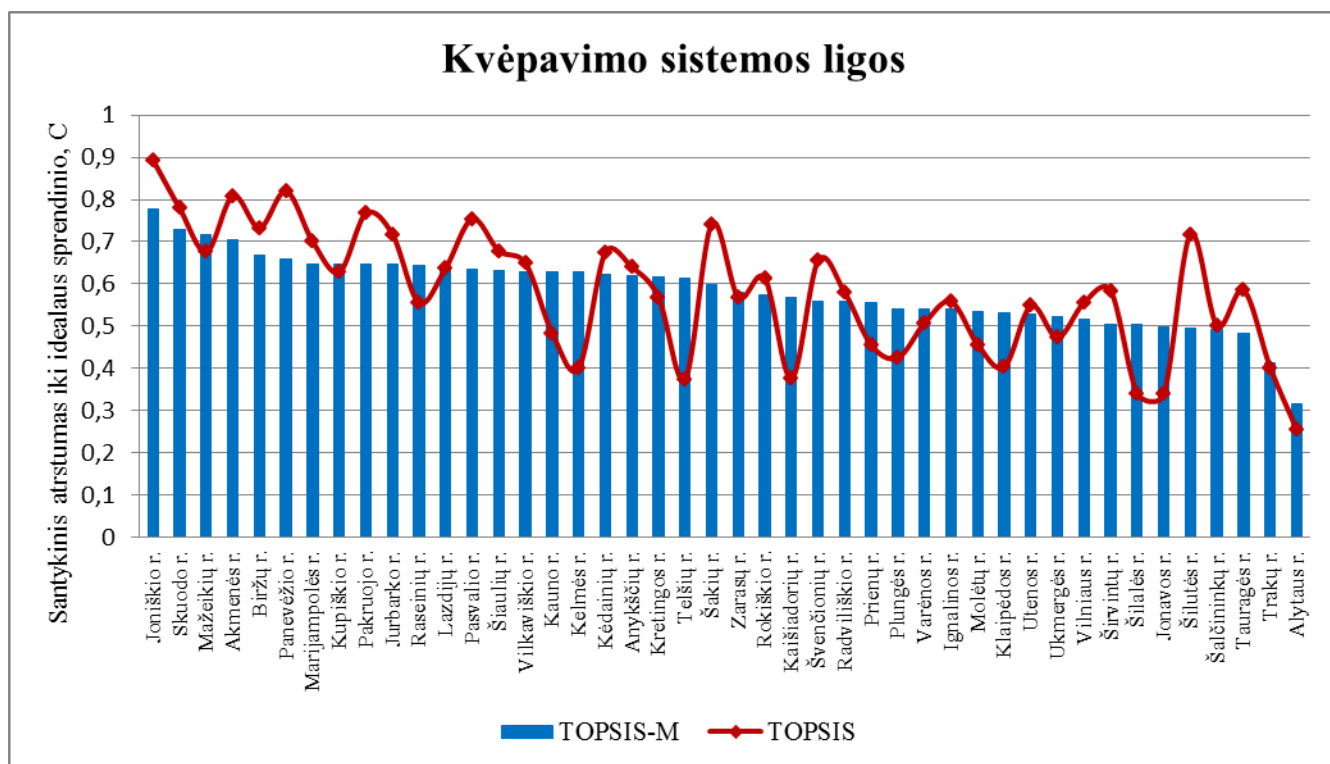


3.27 pav. Rizikos kraujotakos ligoms rangavimo rezultatų palyginimas

Atsižvelgus į rodiklių tarpusavio priklausomybę rajonai, kuriuose mažiausia rizika susirgti kraujotakos ligomis: Skuodo r. (0,888), Šiaulių r. (0,844), Kelmės r. (0,840). Tai yra geriausios alternatyvos, o nepalankiausi rajonai: Lazdijų (0,507), Kupiškio (0,457) ir Pasvalio r. (0,329).

Neatsižvelgiant į rodiklių tarpusavio priklausomybę rajonai, kuriuose mažiausia rizika susirgti kraujotakos ligomis: Skuodo r. (0,948), Kelmės r. (0,929), Šiaulių r. (0,927). Tai yra geriausios alternatyvos, o nepalankiausi rajonai: Alytaus r. (0,557), Kupiškio r. (0,523) ir Pasvalio r. (0,248).

Rizikos kvėpavimo sistemos ligoms rangavimo rezultatų palyginimas pateiktas 3.28 paveiksle.



3.28 pav. Rizikos kvėpavimo sistemos ligoms rangavimo rezultatų palyginimas

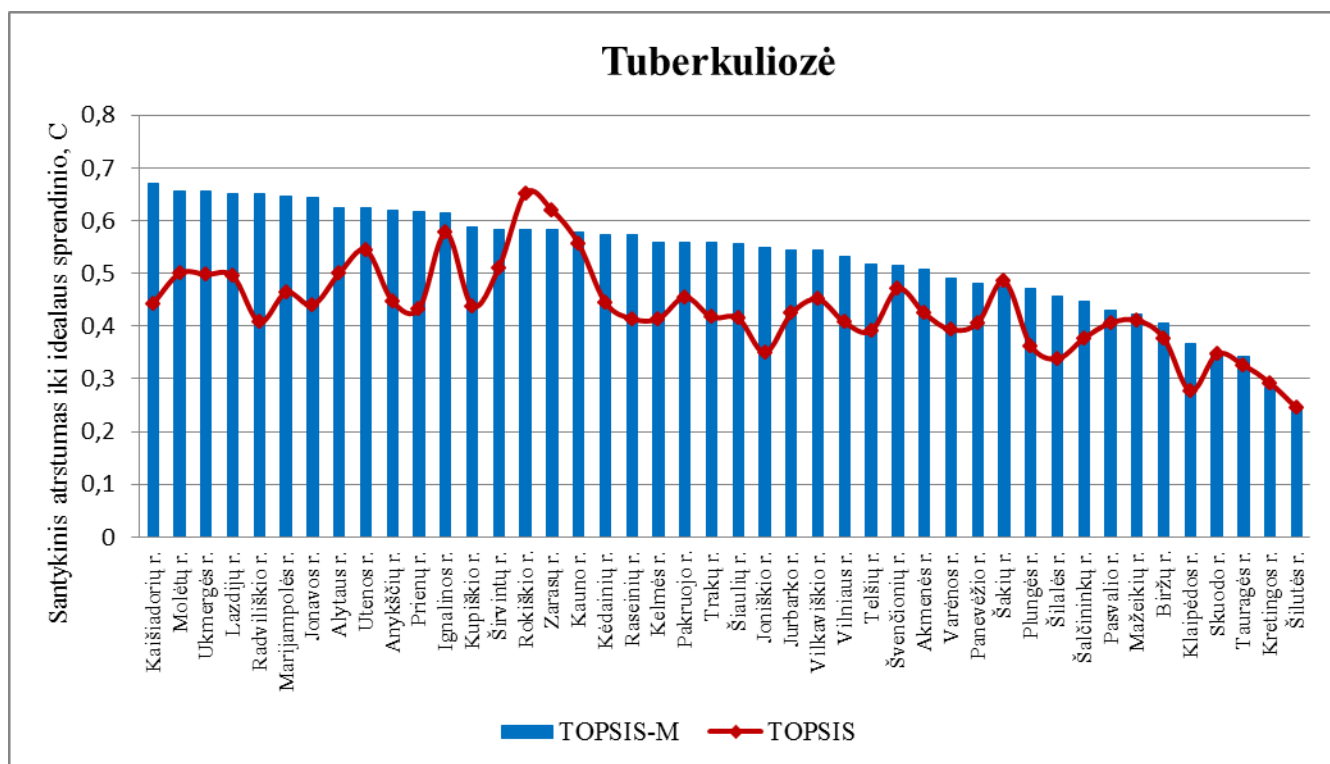
Atsižvelgus į rodiklių tarpusavio priklausomybę rajonai, kuriuose mažiausia rizika susirgti kvėpavimo sistemos ligomis: Joniškio r. (0,777), Skuodo r. (0,728), Mažeikių r. (0,716). Tai yra geriausios alternatyvos, o nepalankiausi rajonai: Tauragės r. (0,484), Trakų r. (0,413) ir Alytaus r. (0,317).

Neatsižvelgiant į rodiklių tarpusavio priklausomybę rajonai, kuriuose mažiausia rizika susirgti kvėpavimo sistemos ligomis: Joniškio r. (0,893), Panevėžio r. (0,820), Akmenės r. (0,809). Tai yra geriausios alternatyvos, o nepalankiausi rajonai: Šilalės r. (0,340), Jonavos r. (0,339) ir Alytaus r. (0,254).

Rizikos tuberkuliozės susirgimams rangavimo rezultatų palyginimas pateiktas 3.29 paveiksle.

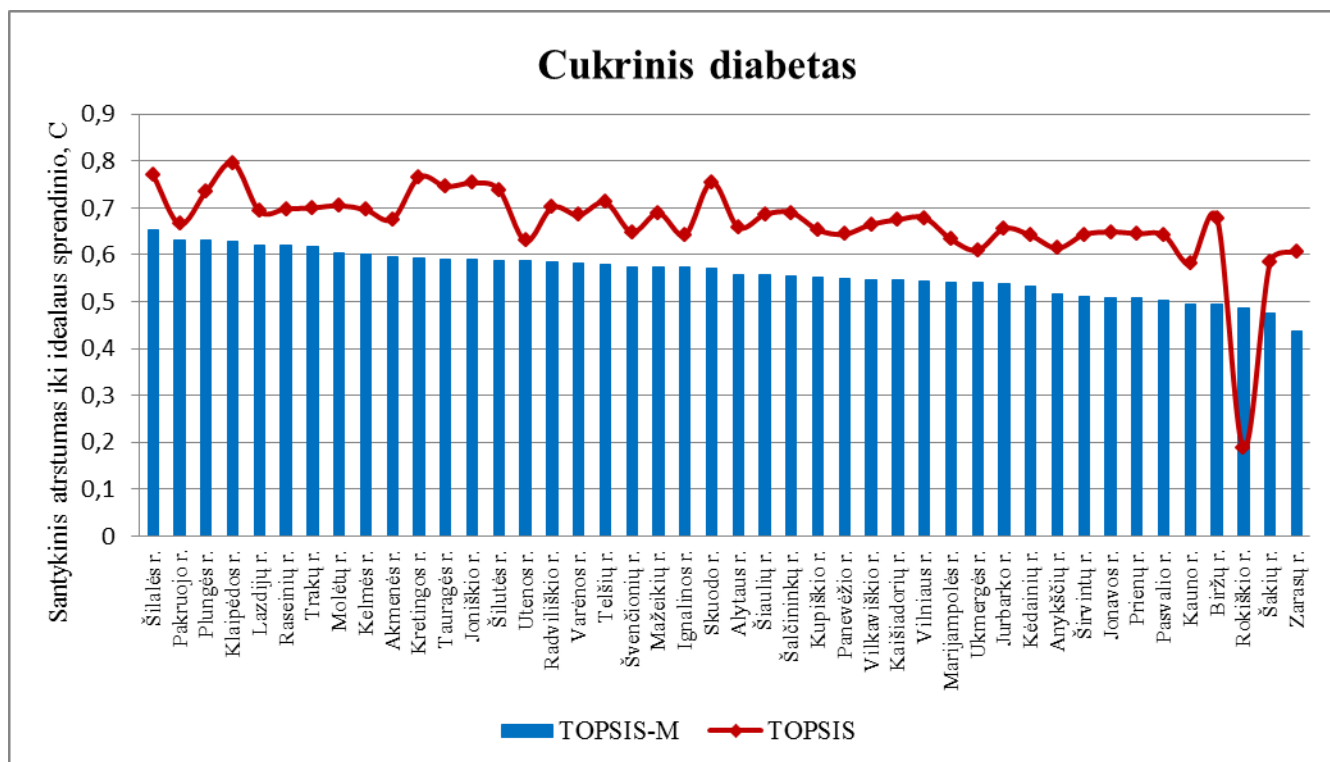
Atsižvelgus į rodiklių tarpusavio priklausomybę rajonai, kuriuose mažiausia rizika susirgti tuberkulioze: Kaišiadorių r. (0,671), Molėtų r. (0,657), Ukmergės r. (0,656). Tai yra geriausios alternatyvos, o nepalankiausi rajonai: Tauragės r. (0,343), Kretingos r. (0,283) ir Šilutės r. (0,247).

Neatsižvelgiant į rodiklių tarpusavio priklausomybę rajonai, kuriuose mažiausia rizika susirgti tuberkulioze: Rokiškio r. (0,652), Zarasų r. (0,620), Ignalinos r. (0,577). Tai yra geriausios alternatyvos, o nepalankiausi rajonai: Kretingos r. (0,292), Klaipėdos r. (0,277) ir Šilutės r. (0,244).



3.29 pav. Rizikos tuberkuliozės susirgimams rangavimo rezultatų palyginimas

Rizikos cukrinio diabeto susirgimams rangavimo rezultatų palyginimas pateiktas 3.30 paveiksle.

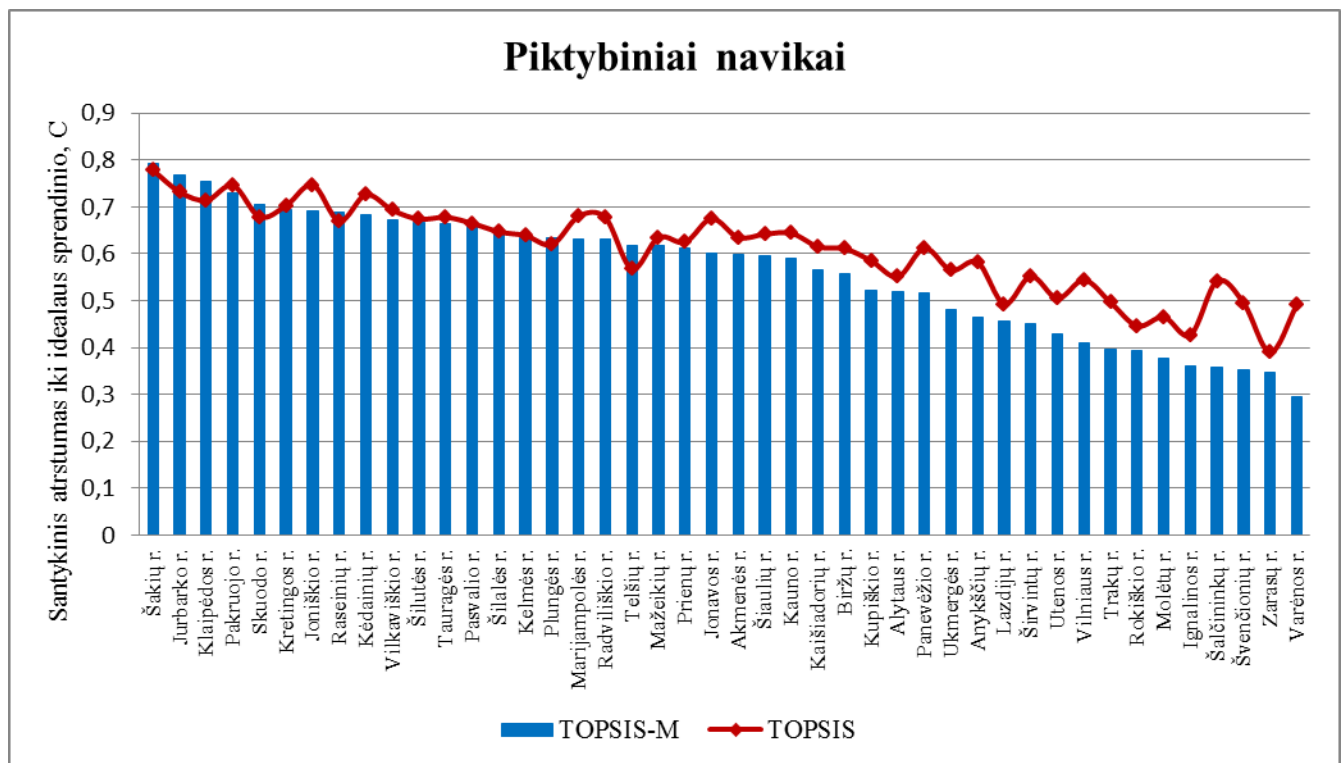


3.30 pav. Rizikos cukrinio diabeto susirgimams rangavimo rezultatų palyginimas

Atsižvelgus į rodiklių tarpusavio priklausomybę rajonai, kuriuose mažiausia rizika susirgti cukriniu diabetu: Šilalės r. (0,652), Pakruojo r. (0,632), Plungės r. (0,630). Tai yra geriausios alternatyvos, o nepalankiausi rajonai: Rokiškio r. (0,485), Šakių r. (0,475) ir Zarasų r. (0,436).

Neatsižvelgiant į rodiklių tarpusavio priklausomybę rajonai, kuriuose mažiausia rizika susirgti cukriniu diabetu: Klaipėdos r. (0,796), Šilalės r. (0,770), Kretingos r. (0,766). Tai yra geriausios alternatyvos, o nepalankiausi rajonai: Šakių r. (0,585), Kauno r. (0,581) ir Rokiškio r. (0,187).

Rizikos piktybinių navikų susirgimams rangavimo rezultatų palyginimas pateiktas 3.31 paveiksle.



3.31 pav. Rizikos piktybinių navikų susirgimams rangavimo rezultatų palyginimas

Atsižvelgus į rodiklių tarpusavio priklausomybę rajonai, kuriuose mažiausia rizika susirgti piktybiniu naviku: Šakių r. (0,793), Jurbarko r. (0,768), Klaipėdos r. (0,754). Tai yra geriausios alternatyvos, o nepalankiausi rajonai: Švenčionių r. (0,351), Zarasų r. (0,347) ir Varėnos r. (0,294).

Neatsižvelgiant į rodiklių tarpusavio priklausomybę rajonai, kuriuose mažiausia rizika susirgti piktybiniu naviku: Šakių r. (0,778), Joniškio r. (0,747), Pakruojo r. (0,746). Tai yra geriausios alternatyvos, o nepalankiausi rajonai: Rokiškio r. (0,446), Ignalinos r. (0,427) ir Zarasų r. (0,390).

Sprendimų priėmimas visuomet yra kompliktuotas, ypač jei turime atsižvelgti į daugelį rodiklių. Kompleksiniams statybos sprendimams, kurie apibūdinami daugeliu rodiklių, taikomi daugiatiksliai sprendimų priėmimo metodai (MCDM – Multiple Criteria Decision Making). Šie metodai skirti sprendimams priimti tuomet, kai vertinami konfliktuojantys bei nepriklausomi rodikliai. Tačiau realiuose situacijose, priešingai, nuolat susiduriame su sąveikaujančiais ir tarpusavio priklausomybę turinčiais rodikliais. Dėl šios priežasties kyla poreikis patobulinti sprendimų metodologiją.

Pagal C_j^* reikšmes sudaroma alternatyvų prioritentinė eilė. Geriausia alternatyva ta, kurios C_j^* reikšmė didžiausia.

Regionų rangavimui susirgimų grupių požiūriu taikytas daugiatikslių uždavinių sprendimo TOPSIS metodas neįvertinant rodiklių tarpusavio priklausomybės ir patobulintas TOPSIS metodas įvertinant rodiklių tarpusavio priklausomybę. Taikant šias metodikas atliktas integruotas visai Lietuvos teritorijai regionų rangavimas pagal atskiras susirgimų rizikas pagal palankumą (arba nepalankumą) susirgimams.

Remiantis skaičiavimais, galima daryti prielaidas, kad galima naudoti kelis daugiatikslius sprendimo priėmimo metodus ir gauti skirtingus atsakymus į tą pačią problemą. Sprendžiant Lietuvos teritorijos rangavimo pagal riziką susirgti tam tikromis ligomis uždavinį, buvo taikomas TOPSIS metodas naudojant Euklido atstumus (TOPSIS metodas) ir Mahalanobio atstumus (TOPSIS-M metodas). TOPSIS metode neįvertinama rodiklių tarpusavio priklausomybė, TOPSIS-M metode įvertinama rodiklių tarpusavio priklausomybė. Gauti skirtingi sprendimai.

Tyrimo metu gauti sprendiniai buvo palyginti su D. Volungevičiūtės (2012) gautais sprendiniais, gautais neįvertinant rodiklių tarpusavio priklausomybių. Tyrimų rezultatai buvo skirtingi, todėl galima teigti, kad aplinkos georodiklių tarpusavio koreliacinės priklausomybės turi įtaką daugiakriterinių sprendinių nekilnojamojo turto plėtrai planuoti rezultatams.

Vertinant teritorijų riziką susirgimų požiūriu pagal gamtinius aplinkos rodiklius (georodiklius), reikia taikyti daugiatikslių sprendimų metodus, įvertinančius ne tik georodiklių koreliacines priklausomybes su susirgimais, bet ir georodiklių tarpusavio matematinės statistinės priklausomybes.

IŠVADOS

1. Remiantis skaičiavimais, galima daryti prielaidas, kad galima naudoti kelis daugiataksičius sprendimo priėmimo metodus ir gauti skirtingus atsakymus į tą pačią problemą. Sprendžiant Lietuvos teritorijos rangavimo pagal riziką susirgti tam tikromis ligomis uždavinį, buvo taikomas TOPSIS metodas naudojant Euklido atstumus (TOPSIS metodas) ir Mahalanobio atstumus (TOPSIS-M metodas). Gauti skirtingi sprendimai.

2. Pagal daugiakriterinio rangavimo rezultatus, nustatyta, kad atsižvelgiant į rodyklių koreliaciją:

- Nervų sistemos susirgimams mažiausios rizikos rajonai – Lazdijų r., Jurbarko r., Šakių r. Didžiausios rizikos rajonai – Alytaus r., Kupiškio r. ir Zarasų r.
- Psichikos ir elgesio sutrikimams mažiausios rizikos rajonai – Širvintų r., Kaišiadorių r., Ukmergės r. Didžiausios rizikos rajonai – Radviliškio r., Joniškio r. ir Akmenės r.
- Kraujotakos ligoms mažiausios rizikos rajonai susirgimams – Skuodo r., Šiaulių r., Kelmės r. Didžiausios rizikos rajonai – Lazdijų r., Kupiškio r. ir Pasvalio r.
- Kvėpavimo ligoms mažiausios rizikos rajonai – Joniškio r., Skuodo r., Mažeikių r. Didžiausios rizikos rajonai – Tauragės r., Trakų r. ir Alytaus r.
- Tuberkuliozės susirgimams mažiausios rizikos rajonai – Kaišiadorių r., Molėtų r., Ukmergės r. Didžiausios rizikos rajonai – Tauragės r., Kretingos r. ir Šilutės r.
- Cukriniam diabetui mažiausios rizikos rajonai – Šilalės r., Pakruojo r., Plungės r. Didžiausios rizikos rajonai – Rokiškio r., Šakių r. ir Zarasų r.
- Piktybiniais navikams mažiausios rizikos rajonai – Šakių r., Jurbarko r., Klaipėdos r. Didžiausios rizikos rajonai – Švenčionių r., Zarasų r. ir Varėnos r.

3. Tyrimo metu gauti sprendiniai buvo palyginti su D. Volungevičiūtės (2012) gautais sprendiniais, gautais neįvertinant rodiklių tarpusavio priklausomybių. Tyrimų rezultatai buvo skirtingi, todėl galima teigti, kad aplinkos georodiklių tarpusavio koreliacinės priklausomybės turi įtaką daugiakriterinių sprendinių nekilnojamojo turto plėtrai planuoti rezultatams.

4. Planuojant sanatorijų, gydyklų, rekreacijos objektų bei sprendžiant kitus nekilnojamojo turto plėtros klausimus, pasirenkant gyvenamąją vietą gyvenimo kokybės vertinimas turi būti susietas su teritorijų riziką susirgimo požiūriu.

5. Vertinant teritorijų riziką susirgimų požiūriu pagal gamtinius aplinkos rodiklius (georodiklius), reikia taikyti daugiataksičių sprendimų metodus, įvertinančius ne tik georodiklių koreliacines priklausomybes su susirgimais, bet ir georodiklių tarpusavio matematines statistines priklausomybes.

LITERATŪRA

- Дюк, В. 1997. Обработка данных на ПК в примерах. Питер. 240 с.
- Antuchevičienė, J. 2005. Apleistų pastatų naudojimo modeliavimas darnaus vystymo (-si) aspektu. *Daktaro disertacija*. Vilnius: Vilniaus Gedimino technikos universitetas.
- Antuchevičienė, J.; Zakarevičius, A. Zavadskas, E.K. 2011. Measuring Congruence of Ranking Results Applying Particular MCDM Methods, *INFORMATICA* 22(3) 319–338.
- Antuchevičienė, J.; Zavadskas, E.K.; Zakarevičius, A. 2010. Multiple criteria construction management decisions considering relations between criteria, Technological and Economic Development of Economy, *Baltic Journal on Sustainability* 16(1): 109–125.
- Antuchevičienė, J.; Zavadskas, E.K.; Zakarevičius, A. 2010. Ranking of Multiple construction management alternatives considering criteria interrelations, *The 10th International Conference*, May 19–21, 2010, Vilnius, Lithuania. 351–355.
- Caterino, N.; Iervolino, I.; Manfredi, G.; Cosenza, E. 2009. Comparative Analysis of Multi-Criteria Decision-Making Methods for Seismic Structural Retrofitting, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* 24: 432–445.
- Černevič, A. 2004. Daugiakriterinių optimizavimo uždavinių sprendimo strategijų tyrimas. *Magistro baigiamasis darbas*. Vilnius: Vilniaus pedagoginis universitetas. 50 psl.
- Daukšaitė, G. 2011. Ūkininkų ūkių veiklos efektyvumo daugiakriterinis vertinimas. Jaunasis mokslininkas 2011, *Studentų mokslinės konferencijos straipsnių rinkinys*. Akademija. 10-14 psl.
- De Maesschalck, R.; Jouan-Rimbuad, D.; Massart, D. L. 2000. The Mahalanobis distance, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 50: 1-18.
- Ginevičius, R.; Podvezko, V. 2008. Daugiakriterinio vertinimo taikymo galimybės kiekybiniam socialinių reiškinių vertinimui, *Verslas: teorija ir praktika*. 9(2): 81–87.
- Higienos institutas. [Žiūrėta 2013-01-07]. Prieiga per internetą: <www.hi.lt>
- Hwang, C. L.; Yoon, K. 1981. Multiple attribute decision making methods and applications. Berlin: Springer – Verlag.
- Jonauskienė, I.; Demčiuk, S. 2009. Daugiakriterinės analizės taikymas žemės sklypų kadastro duomenų kokybei vertinti, *Geodezija ir kartografija*. 35(2): 66–71.
- Liutikienė, S.; Liutikas, V. 1996. Elementarioji tikimybių teorija ir statistika. Kaunas: Šviesa.
- Lietuvos geologijos tarnyba. [Žiūrėta 2013-01-07]. Prieiga per internetą: <www.lgt.lt>

- Mahalanobis, P. C. 1936. On the generalised distance in statistics, in *Proc. of the National Institute of Sciences of India*. 2(1): 49-55.
- Poškas, G. 2011. Kompleksiškų technologinių projektų įgyvendinimo strategijos pasirinkimas grindžiamas daugiakriteriniais sprendimų priėmimo metodais. Ignalinos AE įrangos išmontavimo projekto atvejis. *Magistro baigiamasis darbas*. Kaunas: Vytauto Didžiojo universitetas. 74 psl.
- Repeikaitė, S. 2011. Pasyvieji namai ir jų statybos Lietuvoje tikslingumas. *Daktaro disertacija*. Vilnius: Vilniaus Gedimino Technikos universitetas. 86 psl.
- Parsons, W. 2001. Viešojo politika: Politikos analizės teorijos ir praktikos įvadas. Vilnius: Eugrimas. 601 psl.
- Simanavičienė, R.; Ustinovičius, L. Kiekybinių daugiakriterinių sprendimo priėmimo metodų taikymo problemos. *11-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“*, įvykusios Vilniuje 2008 m. balandžio 9–11 d., straipsnių rinkinys. 7 psl.
- Šarkutė, L. 2009. Sprendimų priėmimo samprata ir tyrimų tradicijos. *Sociologija. Mintis ir veiksmas*. 105-119.
- Šliaupa, S.; Žukauskas, G.; Korabliova, L.; Dėnas, Ž.; Zakarevičius, A.; Davidonienė, O. 2004. Somatic Diseases and Human Behaviour in Relation to Geological Factors. *Jurisprudencija*, Nr. 62(54): 4-17.
- Šliaupa, S.; Žukauskas, G.; Korabliova, L.; Dėnas, Ž.; Zakarevičius, A.; Jakubėnienė, M.; Davidonienė, O. 2006. Impact of Environmental Factors on Psychic and Somatic Diseases in Lithuania. Scientific networking and the Global Health network. *Supercourse NATO Security through Science. Series D: Information and Communication Security*, 5: 125-133.
- Triantaphyllou, E. 2000. Multi-criteria decision making methods: a comparative study. *Dordrecht: Kluwer academic publishers*.
- Vikipedijos enciklopedija. Nekilnojamasis turtas. [Žiūrėta 2013-05-17]. Prieiga per internetą: <http://lt.wikipedia.org/wiki/Nekilnojamasis_turtas>
- Vikipedijos enciklopedija. Reikšmingumo lygmuo. [Žiūrėta 2013-04-20]. Prieiga per internetą: <http://lt.wikipedia.org/wiki/Reik%C5%A1mingumo_lygmuo>
- Vikipedijos enciklopedija. Savivaldybių reforma. [Žiūrėta 2013-05-17]. Prieiga per internetą: <http://lt.wikipedia.org/wiki/Savivaldybi%C5%B3_reforma>
- Zavadskas, E. K.; Simanuskas, L.; Kaklauskas, A. 1998. Sprendimų paramos sistemos statyboje. Vilnius: Technika. 236 psl.
- Zavadskas, E. K.; Peldschus, F.; Kaklauskas, A. 1994. Multiple criteria evaluation of projects in construction. Vilnius: Technika. 224 psl.
- Zakarevičius A.; Antuchevičienė J.; Šliaupa S.; Žukauskas G. (2011), Evaluation the impact of geo-factors on sustainable living environment, *Environmental engineering, The 8th International Conference*, May 19–20, 2011. Vilnius, Lithuania. Vilnius: Technika, 850–853.

PRIEDAI

PRIEDAI

- 1 PRIEDAS.** Susirgimų duomenų bazė
- 2 PRIEDAS.** Gravitacinio lauko rodiklių duomenų bazė
- 3 PRIEDAS.** Magnetinio lauko rodiklių duomenų bazė
- 4 PRIEDAS.** Kraštovaizdžio rodiklių duomenų bazė
- 5 PRIEDAS.** Geocheminių elementų koncentracijų duomenų bazė
- 6 PRIEDAS.** Dirvos rodiklių duomenų bazė
- 7 PRIEDAS.** Požeminio vandens rodiklių duomenų bazė
- 8 PRIEDAS.** Susirgimų koreliacijos koeficientai
- 9 PRIEDAS.** Palankiausio regiono nustatymas nervų sistemos ligų paplitimui
- 10 PRIEDAS.** Palankiausio regiono nustatymas psichikos ir elgesio sutrikimų paplitimui
- 11 PRIEDAS.** Palankiausio regiono nustatymas kraujotakos ligų paplitimui
- 12 PRIEDAS.** Palankiausio regiono nustatymas kvėpavimo sistemos ligų paplitimui
- 13 PRIEDAS.** Palankiausio regiono nustatymas tuberkuliozės paplitimui
- 14 PRIEDAS.** Palankiausio regiono nustatymas cukrinio diabeto paplitimui
- 15 PRIEDAS.** Palankiausio regiono nustatymas piktybinių navikų paplitimui
- 16 PRIEDAS.** Koreliacijos matricos
- 17 PRIEDAS.** Atvirkštinės koreliacijos matricos
- 18 PRIEDAS.** Susirgimų rangavimo rezultatai neįvertinant tarpusavio rodiklių priklausomybės
- 19 PRIEDAS.** Susirgimų rangavimo rezultatai įvertinant rodiklių tarpusavio priklausomybę
- 20 PRIEDAS.** 15-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „*Civilinė inžinerija ir geodezija*“, įvykusios 2012 m. spalio 26 d., programa
- 21 PRIEDAS.** 15-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „*Civilinė inžinerija ir geodezija*“, įvykusios 2012 m. spalio 26 d., pristatymas
- 22 PRIEDAS.** Sutrumpinimų reikšmės