

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Arūnė BINKYTĖ

SAUGAUS IR SVEIKO BŪSTO
DIDŽIŲJŲ DUOMENŲ
ANALITINĖ-REKOMENDACINĖ
SISTEMA

DAKTARO DISERTACIJA

SOCIALINIAI MOKSLAI,
VADYBA (03S)



LEIDYKLA
Vilnius TECHNIKA 2018

Disertacija rengta 2014–2018 metais Vilniaus Gedimino technikos universitete.

Vadovas

prof. habil. dr. Artūras KAKLAUSKAS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, vadyba – 03S).

Vilniaus Gedimino technikos universiteto Vadybos mokslo krypties disertacijos gynimo taryba:

Pirmininkas

doc. dr. Ilona SKAČKAUSKIENĖ (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, vadyba – 03S).

Nariai:

dr. Tomas BALEŽENTIS (Lietuvos agrarinės ekonomikos institutas, informatikos inžinerija – 07T),

prof. dr. Vida DAVIDAVIČIENĖ (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, vadyba – 03S),

prof. habil. dr. Joanicjusz NAZARKO (Balstogės technologijos universitetas, Lenkija, vadyba – 03S),

doc. dr. Jonas ŠAPARAUSKAS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, statybos inžinerija – 02T).

Disertacija bus ginama viešame Vadybos mokslo krypties disertacijos gynimo tarybos posėdyje **2018 m. spalio 1 d. 10 val.** Vilniaus Gedimino technikos universiteto senato posėdžių salėje.

Adresas: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva.

Tel. (8 5) 274 4956; faksas (8 5) 270 0112; el. paštas doktor@vgtu.lt

Pranešimai apie numatomą ginti disertaciją išsiųsti 2018 m. rugpjūčio 31 d.

Disertaciją galima peržiūrėti VGTU talpykloje <http://dspace.vgtu.lt> ir Vilniaus Gedimino technikos universiteto bibliotekoje (Saulėtekio al. 14, LT-10223 Vilnius, Lietuva).

VGTU leidyklos TECHNIKA 2018-033-M mokslo literatūros knyga
<http://leidykla.vgtu.lt>

ISBN 978-609-476-120-1

© VGTU leidykla TECHNIKA, 2018

© Arūnė Binkytė, 2018

arune.binkyte@vgtu.lt

VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY

Arūnė BINKYTĖ

**BIG DATA ANALYTICS RECOMMENDER
SYSTEM FOR HOUSING HEALTH
AND SAFETY**

DOCTORAL DISSERTATION

SOCIAL SCIENCES,
MANAGEMENT (03S)



LEIDYKLA

Vilnius TECHNICA 2018

Doctoral dissertation was prepared at Vilnius Gediminas Technical University in 2014–2018.

Supervisor

Prof. Dr Habil. Artūras KAKLAUSKAS (Vilnius Gediminas Technical University, Management – 03S).

The Dissertation Defence Council of Scientific Field of Management of Vilnius Gediminas Technical University:

Chairman

Assoc. Prof. Dr Ilona SKAČKAUSKIENĖ (Vilnius Gediminas Technical University, Management – 03S).

Members:

Dr Tomas BALEŽENTIS (Lithuanian Institute of Agrarian Economics, Informatics Engineering – 07T),

Prof. Dr Vida DAVIDAVIČIENĖ (Vilnius Gediminas Technical University, Management – 03S),

Prof. Dr Habil. Joanicjusz NAZARKO (Bialystok University of Technology, Poland, Management – 03S),

Assoc. Prof. Dr Jonas ŠAPARAUSKAS (Vilnius Gediminas Technical University, Civil Engineering – 02T).

The dissertation will be defended at the public meeting of the Dissertation Defence Council of Management in the Senate Hall of Vilnius Gediminas Technical University at **10 a. m. on 1 October 2018**.

Address: Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania.

Tel.: +370 5 274 4956; fax +370 5 270 0112; e-mail: doktor@vgtu.lt

A notification on the intend defending of the dissertation was send on 31 August 2018.

A copy of the doctoral dissertation is available for review at VGTU repository <http://dspace.vgtu.lt> and at the Library of Vilnius Gediminas Technical University (Saulėtekio al. 14, LT-10223 Vilnius, Lithuania).

Reziუმė

Disertacijoje nagrinėjamos saugaus ir sveiko būsto valdymo problemos. Pagrindinis tyrimo objektas – saugaus ir sveiko būsto valdymas mikro-, mezo- ir makrolygmens aplinkose, siekiant jį išlaikyti saugų ir sveiką, atsižvelgiant į suinteresuotų grupių poreikius. Disertacijos tikslas – sukurti integruotą saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinę-rekomendacinę sistemą, leidžiančią suinteresuotoms grupėms valdyti saugų ir sveiką būstą.

Darbe sprendžiami šie uždaviniai: išanalizavus pažangiausią pasaulinę patirtį, nustatyti metodus, skirtus integruotai saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analizei bei tyrimų patikimumo vertinimui atlikti, remiantis atlikta literatūros analize sukurti integruotą saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinę-rekomendacinę sistemą.

Disertaciją sudaro įvadas, trys skyriai, bendrosios išvados, naudotos literatūros ir autoriaus publikacijų disertacijos tema sąrašai ir 14 priedų.

Įvadiniam skyriuje formuluojama problema, darbo aktualumas, aprašomas tyrimų objektas, formuluojamas darbo tikslas ir uždaviniai, aprašoma tyrimų metodika, darbo mokslinis naujumas, darbo rezultatų praktinė reikšmė, ginamieji teiginiai. Įvado pabaigoje pristatomos disertacijos tema autoriaus paskelbtos publikacijos ir pranešimai konferencijose bei disertacijos struktūra.

Pirmasis skyrius skirtas teorinei analizei. Jame nurodyta pagrindinių sąvokų ir sprendimo priėmimo svarba įgyvendinant viešąją politiką, pristatyta didžiųjų duomenų analitikos, rekomendacinių sistemų svarba, pateikta vertinimo metodų ir sistemų analizė, taip pat analizuojamas būsto gyvavimo ciklo procesas ir jo vertinimas. Skyriaus pabaigoje formuluojamos išvados ir tikslinami disertacijos uždaviniai. Antrajame skyriuje sudaromi kriterijų rinkiniai, analizuojami disertacijoje taikomi metodai, skirti integruotai sistemai kurti, sudaromas saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų koncepcinis vertinimo modelis. Trečiajame skyriuje aprašoma sukurta integruota saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinė-rekomendacinė sistema. Pateikiami šios sistemos praktiniai taikymai.

Disertacijos tema paskelbti devyni straipsniai ir perskaityti keturi pranešimai Lietuvos ir kitų šalių konferencijose.

Abstract

The dissertation analyses issues arising in the management of safe and healthy housing. The research focuses on the management of safe and healthy housing in micro, meso and macro environment in order to keep it safe and healthy, according to the needs of stakeholder groups. The aim of the dissertation is to develop an integrated big data analytics recommender system for housing health and safety that will allow to manage safe and healthy house for the stakeholder groups.

The following objectives have been set for this thesis: to analyse the most advanced global experience which allows to identify the methods for the purpose to analyse integrated big data for safe and healthy housing and assess the reliability of research; based on the literature analysis, to develop an integrated big data analytics recommender system for housing health and safety.

The dissertation contains an introduction, three chapters, general conclusions, a list of references, a list of the author's scientific publications by the author on the topic of the dissertation and 14 annexes.

The introduction states the problem, points out what makes this research relevant, describes the research object, states the research aim and objectives, and presents the research methodology, original contribution, practical impact of the research findings and defended propositions. It concludes with an overview of the author's dissertation-related articles and conference presentations and an outline of the structure of the dissertation.

Chapter 1 presents the analysis of the theoretical review. The important role played by the key concepts and decision making in public policy implementation is pointed out, the importance of big data analytics and recommender systems is highlighted, assessment methods and systems are analysed, and the life cycle of housing and its assessment are overviewed. The chapter ends with conclusions and a revised set of research objectives. Chapter 2 introduces sets of criteria, analyses the methods used in the dissertation to build the integrated system, and presents a conceptual big data assessment model for safe and healthy housing. Chapter 3 describes the integrated big data analytics recommender system for housing health and safety and presents several cases of this system put to practice.

In total, nine articles related to this dissertation were published and four presentations related to the dissertation were given at conferences in Lithuania and abroad.

Žymėjimai

Simboliai

a_j – lyginamosios alternatyvos;

d_{ij} – bedimensiai įvertinti dydžiai;

e – ciklų skaičius;

E – etalono reikšmingumas;

E_{ji} – efektyvumo laipsnis;

e_t – saugaus ir sveiko būsto atsipirkimo laikas;

f_i – i -tojo kriterijaus matavimo vieneto piniginis įvertinimas;

g – kiekybinių kriterijų, įeinančių į lyginamąjį etaloną, skaičius;

H_l – lygių rangų grupių skaičius k ranžiruotėje;

h_l – lygių rangų, l susijusių rangų grupėje, skaičius, įvertinant k ekspertui;

i_{ij} – kiekybinės x_{ij} kriterijaus rekomendacijos;

k – ekspertų autoriteto koeficientas;

K_j – koncepcinė informacija apibūdinanti saugų ir sveiką būstą;

k_j – naudingumo laipsnio N_j vidutinis nuokrypis;

m – kriterijų skaičius;

m_i – matavimo vienetai;

n – vertinamų kriterijų skaičius;

N_i – i metų naudingumo laipsnis;
 N_j – j metų naudingumo laipsnis;
 N_{je} – objekto a_j naudingumo laipsnis;
 p_i – i -tojo kriterijaus svarba;
 q_i – i -tojo kriterijaus reikšmingumas/svarba;
 Q_j – santykinis reikšmingumas;
 q_z – kiekybinio kriterijaus, įeinančio į lyginamąjį etaloną, svarba;
 r – dydis, kuriuo cikliniu būdu didinamas nagrinėjamo objekto rodiklis;
 r_e – ekspertų skaičius;
 S – kiekvieno kriterijaus įvertinimo rezultatų nuokrypio kvadratų suma;
 s – tikslumas procentais, kuriuo norima apskaičiuoti vertinamo objekto dydį;
 S_{+j} – j -ąjį variantą apibūdinančių naudos kriterijų suma;
 S_i – visų ribinių reikšmių i kriterijaus reikšmių suma;
 S_{-j} – j -ąjį variantą apibūdinančių kaštų kriterijų suma;
 T_j – j metų CREST temperatūra;
 \bar{t}_j – vidutinė kriterijaus įvertinimo reikšmė;
 t_{jk} – eksperto atliktas j kriterijaus vertinimas;
 T_k – k rangavimo susijusių rangų rodiklis;
 V – visa kiekybinių kriterijų verčių, išreikštų pinigine išraiška, suma;
 v_i – kokybinių kriterijų svarba;
 W – ekspertų nuomonių suderinamumo (konkordancijos) koeficientas;
 x_{11-p} – patikslinta vertė;
 x_{11-R} – racionalusis dydis;
 X^2 – konkordancijos rodiklio statistika;
 x_{ij} – i kriterijaus reikšmė j sprendimo variantui;
 x_{in} – būstus apibūdinanti koncepcinė informacija;
 z_i – rodo, kad atitinkamai didesnė (mažesnė) kriterijaus reikšmė labiau atitinka suinteresuotų asmenų poreikius;
 ω_k – k eksperto autoriteto koeficientas.

Santrumpos

AHP – analitinių hierarchijų procesas (angl. *The Analytic Hierarchy Process*);
 ANP – analitinio tinklo procesas (angl. *Analytic Network Process*);
 BDHOSS – saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinė-rekomendacinė sistema (angl. *Big Data Analytics Recommender System for Housing Health and Safety*);
 BMS – pastatų valdymo sistemos (angl. *Building Management System*);

BVP – bendrasis vidaus produktas;
CO – anglies monoksidas;
COPRAS – daugiakriterio kompleksinio proporcingo įvertinimo metodas (angl. *Complex Proportional Assessment Method*);
CREST – statybos ir nekilnojamojo turto sektoriaus termometras (angl. *Construction and Real Estate Sector Thermometer*);
DB – duomenų bazė;
DNR – deoksiribonukleorūgštis;
DNT – dirbtiniai neuroniniai tinklai;
ELECTRE – išskyrimas ir išrinkimas, išreiškiantys realybę (angl. *Elimination and Choice Translating Reality*);
ES – ekspertinė sistema;
GRA – pilkoji reliacinė analizė (angl. *Grey Relational Analysis*);
GSPS – grupinė sprendimų paramos sistema;
INVAR – projekto naudingumo laipsnio ir investicinės vertės nustatymo metodas, teikiant rekomendacijas (angl. *Degree of Project Utility and Investment Value Assessments along with Recommendation Provisions*);
JAV – Jungtinės Amerikos Valstijos;
KD₁₀, KD_{2,5} – kietosios dalelės;
MADM – daugiakriteriai sprendimų priėmimo metodai, pagrįsti kiekybiniais matavimais (angl. *Multi-attribute Decision Making*);
MAUT – daugiakriterė naudos teorija (angl. *Multi-attribute Utility Theory*);
MAVT – daugiakriterė vertės teorija (angl. *Multi-attribute Value Theory*);
MB – modelių bazė;
MCDM – daugiakriteriai sprendimų priėmimo metodai (angl. *Multiple Criteria Decision Making*);
MODM – daugiakriteriai sprendimų priėmimo metodai, pagrįsti kokybiniais matavimais (angl. *Multi-objective Decision Making*);
NO₂ – azoto dioksidas;
NT – nekilnojamas turtas;
O₃ – ozonas;
PGP – BVP vienam gyventojui pagal perkamosios galios paritetą (angl. *Purchasing Power Parity*);
PROMETHEE – prioritetų reitingų organizavimo metodas pagerinimui vertinti (angl. *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*);
SAW – paprastas adatyvus svorių metodas (angl. *Simple Additive Weighting*);
SBS – sergančio būsto sindromas (angl. *Sick Building Syndrome*);
SO₂ – sieros dioksidas;

SPS – sprendimų paramos sistema;

TOPSIS – artumo idealiajam taškui metodas (angl. *The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*);

USD – Jungtinių Amerikos Valstijų doleriai;

VIKOR – visų kriterijų optimizavimas ir kompromisinis sprendimas (bosnių k. *Vlsekriterijumska Optimizacija I KOMPromisno Resenje*).

Turinys

IVADAS	1
Problemos formulavimas	1
Darbo aktualumas	2
Tyrimų objektas	3
Darbo tikslas	3
Darbo uždaviniai.....	3
Tyrimų metodika	4
Darbo mokslinis naujumas	4
Darbo rezultatų praktinė reikšmė.....	5
Ginamieji teiginiai	5
Darbo rezultatų aprobavimas	6
Disertacijos struktūra	6
1. SAUGAUS IR SVEIKO BŪSTO DIDŽIŲJŲ DUOMENŲ VERTINIMO TEORINĖ ANALIZĖ.....	7
1.1. Saugaus ir sveiko būsto samprata	8
1.2. Sprendimo priėmimo svarba įgyvendinant viešąją politiką	9
1.3. Didžiųjų duomenų analitikos, analitinių-rekomendacinių sistemų svarba saugaus ir sveiko būsto valdymui ir vertinimui	10
1.4. Duomenų gavybos uždaviniai, kryptys ir taikymo sritys	12
1.5. Saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinių- rekomendacinių metodų ir sistemų analizė	14

1.6. Saugaus ir sveiko būsto gyvavimo procesas ir jo vertinimas	23
1.7. Pirmojo skyriaus išvados ir disertacijos uždavinių formulavimas	24
2. SAUGAUS IR SVEIKO BŪSTO DIDŽIŪJŲ DUOMENŲ VERTINIMO METODOLOGIJA.....	27
2.1. Kriterijų rinkiniai saugaus ir sveiko būsto didiesiems duomenims vertinti.....	28
2.1.1. Makroaplinkos kriterijų rinkinys.....	28
2.1.2. Mezoaplinkos kriterijų rinkinys	30
2.1.3. Mikroaplinkos kriterijų rinkinys.....	31
2.2. Saugaus ir sveiko būsto daugiakriteriui analizei reikalingų pradinių duomenų paruošimas	34
2.3. Kriterijų reikšmingumų nustatymo metodai	35
2.3.1. Kriterijų reikšmingumų nustatymas, remiantis ekspertų nuomonių suderinamumo vertinimu.....	36
2.3.2. Kompleksinis saugaus ir sveiko būsto kriterijų reikšmingumo nustatymo metodas.....	38
2.4. Daugiakriteriai sprendimų priėmimo metodai	40
2.4.1. Daugiakriteris kompleksinio proporcingo įvertinimo metodas saugaus ir sveiko būsto mikroaplinkos vertinimui	40
2.4.2. Kriterijų optimizavimo metodas saugaus ir sveiko būsto makroaplinkos vertinimui	44
2.4.3. Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto sektoriaus termometras saugaus ir sveiko būsto mezoaplinkos vertinimui	48
2.4.4. Daugiakriteris objektų naudingumo laipsnio optimizavimo metodas saugaus ir sveiko būsto mezoaplinkos vertinimui	54
2.4.5. Saugaus ir sveiko būsto mikroaplinkos vertinimo analitinis metodas.....	59
2.5. Didžiųjų duomenų statistinės analizės metodas LOGIT	61
2.6. Saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų vertinimo mikro-, mezo- ir makroaplinkose modelis.....	63
2.7. Antrojo skyriaus išvados.....	65
3. SAUGAUS IR SVEIKO BŪSTO DIDŽIŪJŲ DUOMENŲ VERTINIMO EMPIRINIŲ TYRIMŲ REZULTATAI.....	67
3.1. Makroaplinkos Lietuvos ir kaimyninių šalių integruota daugiapakopė aplinkos darnumo analizės sistema (makroaplinka)	68
3.1.1. Lietuvos ir kaimyninių daugiakriterės sprendimo priėmimo matricos kriterijų analizė	69
3.1.2. Racionalios aplinkos sukūrimas	71
3.1.3. Lietuvos ir kaimyninių šalių aplinkos darnumo kriterijų daugiakriteris vertinimas ir COPRAS metodo patikimumo analizė šalių atžvilgiu	74
3.1.4. INVAR metodo pritaikymas ir skaitmeninės rekomendacijos	76

3.2. Makroaplinkos Vilniaus ir kitų Europos miestų gyvenimo kokybės analizės sistema	79
3.2.1. INVAR metodo taikymas būsto kainos ir pajamų santykio optimizavimui	80
3.2.2. Skaitmeninės rekomendacijos Vilniaus miestui	82
3.2.3. COPRAS metodo patikimumo analizė miestų atžvilgiu	85
3.3. Mezoaplinkos Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto rinkos analitinė-rekomendacinė sistema	89
3.3.1. Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto kriterijų duomenų bazė ir duomenų bazės valdymo sistema	91
3.3.2. Praktinis Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto rinkos analitinės-rekomendacinės sistemos veikimo pavyzdys	92
3.3.3. Praktinis rekomendacinės sistemos veikimo pavyzdys	99
3.3.4. Būsto kainos ir pajamų santykio dydžio optimizavimo sistema.....	101
3.4. Mikroaplinkos saugaus ir sveiko būsto analitinė-rekomendacinė sistema	104
3.4.1. Saugaus ir sveiko būsto duomenų bazė ir duomenų bazės valdymo sistema	104
3.4.2. Praktinės saugaus ir sveiko būsto analitinės-rekomendacinės sistemos veikimo pavyzdys	105
3.5. Mikroaplinkos saugaus ir sveiko būsto aplinkos užterštumo nustatymo sistema pagal būsto adresą	111
3.6. Mikroaplinkos energijos taupymo studentų bendrabučiuose rekomendacinė sistema	113
3.7. Integruota BDHOSS sistema (virtualus saugaus ir sveiko būsto turas)	115
3.8. Trečiojo skyriaus išvados.....	118
 BENDROSIOS IŠVADOS	 121
LITERATŪRA IR ŠALTINIAI.....	125
AUTORIAUS MOKSLINIŲ PUBLIKACIJŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS.....	141
SUMMARY IN ENGLISH.....	143
PRIEDAI ¹	159
A priedas. Straipsnių skaičius ir žurnalų pavadinimai Clarivate Analytics Web of Science duomenų bazėje pagal raktinius žodžius (didieji duomenys + nekilnojamas turtas).....	163

¹ Priedai pateikiami pridėtoje kompaktinėje plokštelėje.

B priedas. Straipsnių skaičius ir žurnalų pavadinimai Clarivate Analytics Web of Science duomenų bazėje pagal raktinius žodžius (didžiųjų duomenų gavyba + nekilnojamasis turtas)	165
C priedas. Dažniausiai nekilnojamojo turto srityje taikomi MCDM metodai	167
D priedas. Tarptautiniai moksliniai tyrimai, kuriuose analizuoti aplinkos darnumo ir gyvenimo kokybės veiksniai	168
E priedas. Koreliacijos, susiejančios nagrinėjamus kriterijus	171
F priedas. Lietuvos ir kaimyninių šalių daugiakriterė aplinkos darnumo sprendimo priėmimo matrica.....	173
G priedas. Daugiakriterė sprendimų priėmimo matrica nacionaliniam aplinkos darnumui vertinti.....	176
H priedas. Nacionalinio aplinkos darnumo daugiakriterės analizės rezultatai	182
I priedas. Išgyvenimo vertybės palyginti su saviraiškos vertybėmis, 1981–2006 m.	183
J priedas. 2012–2016 m. Lietuvos ir kaimyninių šalių jautrumo analizės rezultatai	184
K priedas. 2012–2016 m. Vilniaus ir kitų Europos miestų jautrumo analizės rezultatai	186
L priedas. Disertacijos autorės sąžiningumo deklaracija	191
M priedas. Bendra autorių sutikimai teikti publikacijose skelbtą medžiagą mokslo daktaro disertacijoje.....	192
N priedas. Autorės mokslinių publikacijų disertacijos tema kopijos	231

Contents

INTRODUCTION	1
Problem formulation	1
Relevance of the thesis	2
The object of the research	3
The aim of the thesis	3
Objectives of the thesis.....	3
Research methodology	4
Scientific novelty of the thesis	4
Practical value of research findings.....	5
Defended statements	5
Approval of research findings	6
Structure of the dissertation.....	6
1. THEORETICAL ANALYSIS ON BIG DATA ASSESSMENT FOR HOUSING	
HEALTH AND SAFETY	7
1.1. The concept of safe and healthy housing.....	8
1.2. The role of decision making in public policy implementation	9
1.3. The role of big data analytics and analytics recommender systems in the management and assessment of safe and healthy housing.....	10
1.4. Data mining objectives, directions and areas of application.....	12
1.5. Analysis of big data analytics recommender methods and systems for housing health and safety	14

1.6. The life cycle of housing health and safety and its assessment	23
1.7. Conclusions of chapter 1 and formulation of thesis objectives	24
2. ASSESSMENT METHODOLOGY FOR BIG DATA ON HOUSING HEALTH AND SAFETY	27
2.1. Sets of the criteria for the assessment of big data on housing health and safety	28
2.1.1. Set of the macro environment criteria	28
2.1.2. Set of the meso environment criteria.....	30
2.1.3. Set of the micro environment criteria.....	31
2.2. Preparing input data for the multiple criteria analysis of housing health and safety	34
2.3. Criteria weight assignment methods.....	35
2.3.1. Determination of criterion significance based on the assessment of the compatibility of experts opinions	36
2.3.2. Integrated weight assignment method for the criteria of housing health and safety.....	38
2.4. Multiple criteria decision making methods	40
2.4.1. Multiple criteria complex proportional assessment method for the microenvironment assessment of housing health and safety	40
2.4.2. Criteria optimisation method for the macroenvironment assessment of housing health and safety	44
2.4.3. Lithuania construction and real estate sector thermometer for the mesoenvironment assessment of housing health and safety	48
2.4.4. Multiple criteria object utility degree optimisation method for the mesoenvironment assessment of housing health and safety	54
2.4.5. Analytical method for microenvironment assessment of housing health and safety	59
2.5. Big data statistical analysis method LOGIT	61
2.6. The conceptual model for the assessment of big data on housing health and safety in micro, meso and macro environment	63
2.7. Conclusions of chapter 2	65
3. RESULTS OF EMPIRICAL RESEARCH ON BIG DATA ASSESSMENT FOR HOUSING HEALTH AND SAFETY	67
3.1. Macro environment integrated multiple criteria environmental sustainability analysis system for Lithuania and its neighbouring countries ...	68
3.1.1. Analysis of the criteria included in the multiple criteria decision matrix for Lithuania and its neighbouring countries	69
3.1.2. Creating a rational environment.....	71
3.1.3. Multiple criteria assessment of the environmental sustainability of Lithuania and neighboring countries and analysis of the reliability of the COPRAS method in relation to countries	74
3.1.4. Adoption of INVAR and digital recommendations	76

3.2. Macro environment analysis system for the quality of life in Vilnius and other European cities	79
3.2.1. Optimising the housing price-to-income ratio with the help of INVAR	80
3.2.2. Digital recommendations for Vilnius	82
3.2.3. Analysis of the COPRAS method reliability in relation to cities	85
3.3. Meso environment analytics recommender system for the Lithuanian construction and real estate market	89
3.3.1. Lithuanian construction and real estate criteria database and the database management system	91
3.3.2. Practical example of the functioning of the analytics recommender system of the Lithuanian construction and real estate market.....	92
3.3.3. Optimisation system for housing price-to-income ratio	101
3.4. Micro environment analytics recommender system for safe and healthy housing.....	104
3.4.1. Housing health and safety database and the database management system	104
3.4.2. Practical example of the functioning of housing health and safety analytics recommender system	105
3.5. Micro environment location-based environment pollution measuring system for housing health and safety	111
3.6. Micro environment recommender system for energy saving in student dormitories.....	113
3.7. Integrated BDHOSS (a virtual tour of safe and healthy housing)	115
3.8. Conclusions of chapter 3	118
 GENERAL CONCLUSIONS	 121
REFERENCES	125
 LIST OF SCIENTIFIC PUBLICATIONS BY THE AUTHOR ON THE TOPIC OF THE DISSERTATION	 141
SUMMARY IN ENGLISH.....	143
ANNEXES ²	159
Annex A. Number of articles and journal titles in Clarivate Analytics' Web of Science database by keywords (big data + real estate)	163
Annex B. Number of articles and journal titles in Clarivate Analytics' Web of Science database by keywords (big data mining + real estate)	165

² The annexes are supplied in the enclosed compact disc.

Annex C. The most popular MCDM methods in the field of real estate.....	167
Annex D. International research discussing the factors of environmental sustainability and quality of life	168
Annex E. Correlations linking the criteria in question	171
Annex F. Multiple criteria decision matrix of environmental sustainability in Lithuania and its neighbouring countries	173
Annex G. Multiple criteria decision matrix for the assessment of national environmental sustainability	176
Annex H. The results of the multiple criteria analysis of national environmental sustainability.....	182
Annex I. Survival values versus self-expression values, 1981–2006.....	183
Annex J. The results of 2012–2016 sensitivity analysis in Lithuania and its neighbouring countries	184
Annex K. The results of 2012–2016 sensitivity analysis in Vilnius and other European cities	186
Annex L. Declaration of academic integrity	191
Annex M. The coauthors' agreements to present publications material in the doctoral dissertation	192
Annex N. Copies of scientific publications by the author on the topic of the dissertation	231

Įvadas

Problemos formulavimas

Moksliniais tyrimais įrodyta, kad žmogaus sveikata priklauso nuo pradinių biologinių individo savybių ir nuo įvairių išorės veiksnių poveikio, nuo populiacijos kaip visumos, nuo individualios bei kolektyvinės patirties ir veiklos (Remoundou, Koundouri 2009; European Environment Agency 2015; Buzytė 2015).

Žmonių sveikata priklauso nuo kokybiško maisto, vandens, oro, būsto (Streimikiene 2015; Conserve Energy Future 2017). Beveik visą savo laiką, t. y. 80–90 %, žmonės praleidžia uždaroje patalpose – namuose, darbe, parduotuvėse ir kitose uždaroje patalpose, ypač šaltuoju metų laiku (Roberts 2016; Paulauskienė 2017). Klepeis *et al.* (2001) ir Mercola (2015) tyrimai atskleidė, kad amerikiečiai uždaruose pastatuose vidutiniškai praleidžia 87 % laiko, o transporto priemonėse – apie 6 % laiko. European Environment Agency (2015) atlikti tyrimai rodo, kad Europos gyventojai praleidžia apie 90 % laiko uždaroje patalpose. Buvimui gamtoje lieka tik apie 10 % laiko, todėl tampa vis aktualesnė ne tik sveikos gyvenamosios, bet ir saugaus ir sveiko būsto tema (Sveikas būstas...2014). Netinkamos gyvenimo sąlygos kelia grėsmę tiek fizinei, tiek psichinei žmonių sveikatai, o saugaus ir sveiko būsto bei gyvenamosios aplinkos veiksnių ir sveikatos sąveika yra sudėtinga ir kompleksinė (Buzytė 2013).

Deja, kol kas nėra sukurtų priemonių, kurios kompleksiskai analizuotų saugaus ir sveiko būsto didžiuosius duomenis (t. y. įvairius būsto ir jo aplinkos mikro-, mezo-, makroveiksnius), leidžiančius viešojo valdymo institucijoms, verslo įmonėms ir fiziniams asmenims priimti sprendimus įgyvendinant saugaus ir sveiko būsto viešąją politiką.

Darbo aktualumas

Politinė situacija daro didžiulę įtaką visuomenės sveikatai tiek Lietuvoje, tiek užsienio šalyse. Pasaulio sveikatos organizacijos veiksmų plano (Global action plan 2013), Europos Sąjungos strategijos (Health 2020 A European 2013) bei Lietuvos sveikatos politikos dokumentų (Lietuvos Respublikos Seimo... 2011) tikslai nukreipti į sveikatos sistemos vystymą. Tačiau juos reikėtų nukreipti ir į sveikos gyvensenos bei sveikos aplinkos vystymą. Tokią aplinką lemia ne sveikatos, o kitų sektorių veikla ir ypač patys gyventojai (Jankauskienė 2011). Visgi, svarbu, kad valstybės valdymo ir kitos viešojo sektoriaus organizacijos savo ruožtu priimdamos sprendimus atsižvelgtų į veiksnius, kuriuos lemia kitų sektorių veikla, būstų gyventojai, aplinka, bendruomeniniai veiksmai, asmeniniai žmonių įgūdžiai ir pan. Tuomet priimtų sprendimus ir rengtų sveikatos politikos strategijas. Buškevičiūtės ir Raipos (2011) teigimu, sprendimų priėmimo ir įgyvendinimo kokybiniai parametrai daugiausia lemia viešojo valdymo efektyvumą, todėl, siekiant efektyvinti viešąjį valdymą, labai svarbus tampa sprendimų priėmimo procesas. Deja, vis dar nėra sukurtos analitinės-rekomendacinės sistemos, kurią sudarytų būsto bei jo aplinkos didieji duomenys ir ji padėtų greičiau bei veiksmingiau viešojo valdymo institucijoms bei kitiems suinteresuotiems asmenims laiku priimti sprendimus, susijusius su būsto valdymu.

Sukurta integruota saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinė-rekomendacinė sistema (angl. *integrated Big Data Analytics Recommender System for Housing Health and Safety*, toliau – integruota BDHOSS) sudaro sąlygas analizuoti didžiuosius duomenis surinktus iš mikro-, mezo- bei makroaplinkų. Sistema yra skirta viešojo valdymo institucijoms, verslo įmonėms ir fiziniams asmenims bei leidžia pareigūnams ir piliečiams efektyvinti sprendimų priėmimo procesą, kuriant viešąją saugaus ir sveiko būsto politiką (veiksmų planus, reguliavimo priemones, įstatymus ir finansavimo prioritetus).

Tyrimų objektas

Darbo tyrimų objektą sudaro saugaus ir sveiko būsto valdymas mikro-, mezo- ir makrolygmens aplinkose, siekiant jį išlaikyti saugų ir sveiką, atsižvelgiant į suinteresuotų grupių poreikius.

Darbo tikslas

Darbo tikslas – sukurti integruotą saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinę-rekomendacinę sistemą, leidžiančią suinteresuotoms grupėms valdyti saugų ir sveiką būstą.

Darbo uždaviniai

Darbo tikslui pasiekti reikia spręsti šiuos uždavinius:

1. Išanalizuoti įvairių šalių mokslinių tyrimų rezultatus apie saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų vertinimo ir valdymo svarbą bei identifikuoti saugaus ir sveiko būsto gyvavimo ciklo vertinimo dedamąsias.
2. Išanalizuoti mikro-, mezo-, makroaplinkų veiksnius, turinčius įtakos saugiam ir sveikam būstui, pagrįsti integruotos saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinės-rekomendacinės sistemos naudingumą bei nustatyti metodus, skirtus saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analizei atlikti ir vertinimo metodologijai sudaryti.
3. Atlikti mikro-, mezo-, makrolygmens veiksnių vertinimą ir jautrumo analizę INVAR metodo patikimumui pagrįsti. Atlikti praktinių situacijų analizes.
4. Sukurti analitines-rekomendacines sistemas, kurios kompleksiskai analizuotų saugų ir sveiką būstą.
5. Sukurti integruotą saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinę-rekomendacinę sistemą, parengiant šiai analitinei-rekomendacinei sistemai reikalingas duomenų ir modelių bazes.

Tyrimų metodika

Rengiant darbą remtasi užsienio šalių ir Lietuvos mokslininkų publikacijomis ir tyrimais. Kriterijams parinkti naudoti Lietuvos (Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto rinkos, Lietuvos statistikos departamento) ir užsienio (Numbeo (2016), Anglijos Vyriausybės) institucijų statistiniai duomenys, ataskaitos ir informaciniai leidiniai. Pasiūlyti kriterijų vertinimo metodai sujungiant kokybinius ir kiekybinius kriterijus.

Mokslinių tyrimų metu taikyti daugiakriteriai metodai (COPRAS, INVAR, saugaus ir sveiko būsto analitinis metodas, daugiakriteris objektų naudingumo laipsnio optimizavimo metodas) bei sukurtas CREST daugiakriteris metodas. Kriterijų reikšmingumams nustatyti siūloma taikyti ekspertinį vertinimą arba kompleksinį kriterijų reikšmingumo nustatymo metodą. Analitinės-rekomendacinės sistemos naudingumui pagrįsti pritaikytas didžiųjų duomenų statistinės analizės LOGIT metodas. Rekomendacinėms sistemoms sukurti pritaikytas rekomendacinių sistemų bendrojo filtravimo metodas.

Darbo mokslinis naujumas

Rengiant disertaciją buvo gauti šie vadybos mokslui nauji rezultatai:

1. Sukurtas daugiakriteris sprendimų priėmimo metodas CREST, leidžiantis iš anksto nustatyti būsto krizės kilimo ir stagnacijos laikotarpius, integruotas kartu su kitais daugiakriteriais metodais: COPRAS, INVAR, saugaus ir sveiko būsto analitinis, daugiakriteris objektų naudingumo laipsnio ir optimizavimo.
2. Sudarytas mikro-, mezo-, makroaplinkų kriterijų rinkinys, saugaus ir sveiko būsto vertinimui atlikti, nustatant būsto sertifikavimo klasę, įvertinant Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto rinką, Vilniaus ir kitų Europos miestų gyvenimo kokybę, Lietuvos ir kaimyninių šalių aplinkos darnumą.
3. Sudarytas saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų vertinimo mikro-, mezo- ir makroaplinkose koncepcinis modelis, leidžiantis vertinti ir valdyti būstą visą gyvavimo procesą.
4. Sukurta inovatyvi saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinė-rekomendacinė sistema (BDHOSS), sudaryta iš šių integruotų mikro-, mezo-, makro aplinkų posistemų: saugaus ir sveiko būsto analizės posistemis, Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto sekto-

riaus analizės posistemis, svarbiausių ekonominių kriterijų optimizavimo posistemis, Vilniaus ir kitų Europos miestų gyvenimo kokybės analizės posistemis, Lietuvos ir kaimyninių šalių aplinkos darnumo vertinimo analizės posistemis, rekomendacijų teikimo posistemis.

5. Sistema sudaro sąlygas įvertinti būsto saugumą ir sveikumą mikro-, mezo- ir makroaplinkos sąlygomis, efektyvinti sprendimų priėmimo procesą bei teikti rekomendacijas tiek politikams, tiek saugaus ir sveiko būsto gyventojams, tiek kitiems suinteresuotiems asmenims.

Darbo rezultatų praktinė reikšmė

Pagrindinė praktinė šio darbo rezultatų siekimo kryptis – tikslesnis, greitesnis saugaus ir sveiko būsto įvertinimas, rekomendacijų, kaip pašalinti ar sumažinti neigiamus padarinius, pateikimas tinkamu laiku, darbo sąnaudų sumažinimas palengvinant sprendimų priėmimo procesą, sprendžiant būsto saugos ir sveikatos klausimus.

Mokslinių tyrimų rezultatai buvo praktiškai pritaikyti vykdant užsakomąjį mokslo darbą „Nacionalinio sveiko būsto sertifikavimo modelio rengimas“. Taip pat įgyvendinant „Intelligent Energy – Europe“ (IEE) projektą „Students Achieving Valuable Energy Savings“ (SAVES), ERASMUS+ projektus: Nr. 2015-1-FR01-KA204-015377 „Greening the Business: Green Business Management Trainings“ (GreenB), Nr. 540097-LLP-1-2013-1-BG-ERASMUS-EQR „The iProfessional“ (iPro). Disertantės sukurtos sistemos buvo pritaikytos ir panaudotos *Erasmus+* mokymo procese.

Ginamieji teiginiai

1. Taikant sukurtą inovatyvų daugiakriterį CREST metodą galima nustatyti krizės temperatūros lygį, Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto rinkos tendencijas bei teikti rekomendacijas.
2. Integruota BDHOSS sistema yra nustatytų matematinių modelių ir metodų, svarbių sprendžiant sudėtingas vadybos problemas, sankaupa ir pateikia kiekybinę bei kokybinę problemų analizę, kurią pasitelkdami suinteresuoti asmenys gali priimti sprendimus.

Darbo rezultatų apibavimas

Svarbiausi tyrimų rezultatai publikuoti devyniose mokslinėse publikacijose: keturi – mokslo žurnaluose, įtrauktuose į *Clarivate Analytics Web of Science* sąrašą (Kaklauskas *et al.* 2015, 2018a, 2018b, 2018c), vienas – mokslo žurnale „Mokslas – Lietuvos ateitis“ (Binkytė 2015), du – recenzuojamų tarptautinių konferencijų straipsnių rinkiniuose (Gudauskas *et al.* 2015; Kaklauskas *et al.* 2018d), du – kituose tarptautinių ir respublikinių konferencijų straipsnių rinkiniuose (Kaklauskas *et al.* 2014a, 2014b).

Disertacijoje atliktų tyrimų rezultatai buvo paskelbti keturiuose mokslinėse konferencijose Lietuvoje ir užsienyje:

- Jaunųjų mokslininkų konferencijoje „18-oji Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencija „Mokslas – Lietuvos ateitis“, 2015 m. vasario 5 d., Vilnius, Lietuva;
- Tarptautinėje konferencijoje „Operational Research in Sustainable Development and Civil Engineering – Meeting of EURO Working Group and 15th German–Lithuanian–Polish Colloquium (ORSDC 2015)“, 2015 m. birželio 19–21 d., Poznanė, Lenkija;
- Tarptautinėje konferencijoje «Экономика, оценка и управление недвижимостью: IV международная научно-практическая конференция», 2014 m. kovo 28 d., Vilnius, Lietuva;
- Tarptautinėje konferencijoje „7th International Conference on Building Resilience; Using scientific knowledge to inform policy and practice in disaster risk reduction, ICBR 2017“, 2017 m. lapkričio 27–29 d., Bankokas, Tailandas.

Disertacijos struktūra

Disertaciją sudaro įvadas, trys skyriai ir bendrosios išvados.

Darbo apimtis – 158 puslapiai (neskaitant priedų), tekste panaudotos 46 numeruotos formulės, 39 paveikslai ir 22 lentelės. Rašant disertaciją buvo panaudoti 243 literatūros šaltiniai.

1

Saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų vertinimo teorinė analizė

Skyriuje analizuojama saugaus ir sveiko būsto samprata, sprendimo priėmimo svarba įgyvendinant viešąją politiką. Nustatoma didžiųjų duomenų analitikos, analitinių-rekomendacinių sistemų svarba saugaus ir sveiko būsto valdymui ir vertinimui, taip pat didžiųjų duomenų uždaviniai, kryptys ir taikymo sritys. Atliekama saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinių-rekomendacinių metodų ir sistemų analizė bei formuojami disertacijos uždaviniai. Sudaroma saugaus ir sveiko būsto gyvavimo proceso vertinimo schema. Skyriaus tematika paskelbti keturi moksliniai straipsniai (Kaklauskas *et al.* 2014a, 2014b; Binkytė *et al.* 2015; Gudauskas *et al.* 2015) ir skaitytas pranešimas 18-ojoje jaunųjų mokslininkų konferencijoje bei tarptautinėje konferencijoje „Operational Research in Sustainable Development and Civil Engineering – Meeting of EURO Working Group and 15th German–Lithuanian–Polish Colloquium (ORSDCE 2015)“.

1.1. Saugaus ir sveiko būsto samprata

Dažnai literatūroje saugaus ir sveiko būsto sąvoka bei bruožai atskleidžiami remiantis „nesveiko būsto“ ar „nesveiko būsto sindromo“ (angl. *Sick Building Syndrome*, toliau SBS) apibrėžimu (Nesveikas būstas 2009). Terminas „nesveiko pastato sindromas“ vartojamas pastatams ir būstams apibūdinti, kurie ilgainiui žmogui sukelia sveikatos problemas nesusijusias su konkrečia liga. Pasak Wang *et al.* (2008) ir Kaklauskas *et al.* (2012a) nesveikų pastatų sindromas dažniausiai pasireiškia perpildytuose naujuose pastatuose, kuriuose įrengta centrinė ventiliacijos sistema ir oras cirkuliuoja uždaro rato principu.

Kaip skelbia extensionhealthyhomes.org (2016), saugiam ir sveikam būstui reikalingi 7 pagrindiniai dalykai:

- saugus geriamasis vanduo;
- švarus oras;
- saugus priėjimas;
- namų saugumas (chemikalų nebuvimas);
- energijos efektyvumas;
- kenkėjų nebuvimas;
- gera priežiūra.

JAV Sveikatos ir žmoniškųjų paslaugų departamentas (U. S. Department of Health... 2014) teigia, kad sveiką būstą užtikrina fiziologiniai ir aplinkosauginiai veiksniai, žmonės ir jų elgesys bei „žaliojo“ apgyvendinimo principų laikymasis.

Beveik visą savo laiką, t. y. 80–90 %, žmonės praleidžia uždaroje patalpoje, ypač šaltuoju metų laiku. Labai daug laiko praleidžiama namuose, toliau – darbe, parduotuvėse ir kitose uždaroje patalpoje (Roberts 2016; Paulauskienė 2017). Dėl to, kad žmonės uždaroje patalpoje prabūna labai ilgai, o vaikai – net 90 proc. savo laiko, namų saugumas ir sveikumas tampa labai aktualūs. Kiekvienas mūsų nusi-pelnė gyventi saugiai ir sveikai, todėl svarbu suvokti, jog didžiausios sveikatos problemos kyla būtent namuose.

Atlikta nemažai saugaus ir sveiko būsto tyrimų, susijusių su astma, nuodingosiomis medžiagomis ir nelaimingais atsitikimais namuose (Healthy Homes 2014). Hadi *et al.* (2017) ir Chan *et al.* (2016) analizavo vidaus oro poveikį vaikams, sergantiems astma. Tyrimo rezultatai parodė, kad sunkesne astmos forma serga vaikai, kurie gyvena skurdesnėmis gyvenimo sąlygomis. Wang *et al.* (2008) nagrinėjo SBS simptomų apibrėžimus gyvenamuosiuose namuose. Takigawa *et al.* (2009) atliko ilgalaikių aplinkos rizikos veiksnių tyrimą, kurio metu nustatyti subjektyvūs naujų būstų simptomai, susiję su sergančių pastatų sindromu. Langer *et al.* (2015) nagrinėjo vidaus patalpų oro kokybę pasyviuose ir įprastuose namuose Švedijoje. Ulpiani (2017) analizavo visiškai glazūruotų fasadų sukeltus perkaitimo reiškinius, atliko sergančių pastatų tyrimą Italijoje ir naudos, gautos įdiegus kintamosios srovės sistemos kontrolę, įvertinimą. Krasny *et al.* (2017)

atliko biologinių ir betoninių namų poveikio aplinkai bei jų sąnaudų analizę ir palyginimą. Lu *et al.* (2016) nagrinėjo lauko oro taršą, meteorologines sąlygas ir vidaus patalpų veiksnius būstuose, susijusius su suaugusiais Kinijoje. Vasile *et al.* (2016) teigė, kad vidaus patalpų oro kokybė – pagrindinis pastatų energinio naudingumo elementas.

Taigi tyrimai rodo, kad saugaus ir sveiko būsto tema yra aktuali šių dienų kontekste, nes turi didelę įtaką žmonių, o ypač vaikų sveikatai. Problema turi būti analizuojama kompleksiskai, tiriant ne tik būsto vidų, bet ir išorinę aplinką. Todėl svarbu surinkti kuo daugiau duomenų, atlikti įvairiapusę jų analizę ir gauti patikimą informaciją. Nors literatūroje aptinkama įvairių saugaus ir sveiko būsto vertinimo modelių, deja, nėra sukurto integruoto modelio, kuris padėtų vertinti Lietuvos ir užsienio šalių patirtį. Taip pat neaptiktas modelis, kurį taikant analizuojamas saugus ir sveikas būstas mikro-, mezo- ir makroaplinkose. Toks koncepcinis vertinimo modelis sukurtas šioje disertacijoje. Juo remiantis sukurta integruota saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinė-rekomendacinė sistema.

1.2. Sprendimo priėmimo svarba įgyvendinant viešąją politiką

Sprendimai yra pagrindiniai viešojo sektoriaus ir kitų organizacijų veiklos elementai, siekiant įgyvendinti viešąją politiką. Sprendimų priėmimo procesas daugiausia lemia viešojo valdymo efektyvumą, t. y. viešojo valdymo esmė (Buškevičiūtė, Raipa 2011).

Vadovaujantis kiekybinių metodų teorija, sprendimų priėmimas – tai vienas iš trijų pagrindinių viešojo valdymo organizacijų sudėtinių elementų. Kiti du elementai – komunikacija ir pusiausvyra. Kiekybinių metodų teorijos tikslas – matematinių metodų ir informacinių valdymo sistemų taikymas valdymo sprendimams priimti, problemoms spręsti ir vykdyti jų kontrolę. Visiems valdymo procesams matematizuoti ir formalizuoti plačiai taikomi statistikos, prognozavimo ir kt. metodai, kurie taikyti ir šioje disertacijoje saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analizei atlikti.

Kiekybinių metodų teorija turi dvi pagrindines pakraipas:

1. Sprendimų teorija, kurioje teigiama, kad sprendimų optimizavimas turi tapti valdymo teorijos plėtojimo svarbiausiu elementu.
2. Matematinė teorija, kuri teigia, kad visas dėmesys sutelkiamas į valdymo matematinius uždavinius, nesusiejant jų su valdančių žmonių elgesiu, motyvais.

Viešojo valdymo bei kiekybinių metodų teorijomis ir kiekybinių metodų teorijos pakraipomis vadovautasi kuriant saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinę-rekomendacinę sistemą. Disertacijoje taikoma viešojo valdymo ir kiekybinių metodų teorijos pakraipa – sprendimų teorija, kurios tikslas optimizuoti viešojo valdymo institucijų priimamus sprendimus. Taip pat taikoma kiekybinių metodų teorijos pakraipa – matematinė teorija, kuria remiantis valdymo uždaviniais spręsti disertacijoje taikomi daugiakriteriai metodai, padidinantys sprendimų operatyvumą ir tikslumą, pagilina organizacijos procesų supratimą. Sprendimų priėmimo procesui efektyvinti taikant sistemų teoriją sukurta analitinė-rekomendacinė sistema, sudaryta iš saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų ir modelių bazės, kurios būtinos daugiakriteriams metodams taikyti ir sistemai veikti. Sistema sudaryta iš tarpusavyje susijusių dalių, įnešančių savo indėlį į visumos charakteristiką.

Taigi, siekiant priimti viešojo valdymo sprendimus, labai svarbu išanalizuoti didelius duomenų kiekius, su nagrinėjama saugaus ir sveiko būsto problema susijusius tiesioginiais ir netiesioginiais ryšiais. Analizei palengvinti taikomi įvairūs daugiakriteriai metodai bei sukurta integruota saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinė-rekomendacinė sistema.

Sukurta sistema leidžia efektyviai panaudoti didžiuosius duomenis, siekiant išsaugoti įmonių ir net valstybių konkurencinį pranašumą. Pasak Galdikienės (2014) didžiųjų duomenų analizė sukuria vis daugiau pridėtinės vertės įmonėms, viešosioms įstaigoms ir visai visuomenei, nes leidžia tiksliau prognozuoti ir greičiau reaguoti į pasaulyje vykstančius įvykius (epidemijas, ekonomines krizes). Greitai reaguodamos į didžiųjų duomenų analizės rezultatus, įvairios organizacijos gali sutaupyti daug lėšų bei ir išvengti daromos žalos (Ateities miestai 2013). Todėl kuriamos technologijos, kurios leidžia įvairią informaciją apdoroti kompiuteriais ir pateikti rekomendacijas (IBM Lietuva 2013).

1.3. Didžiųjų duomenų analitikos, analitinių-rekomendacinių sistemų svarba saugaus ir sveiko būsto valdymui ir vertinimui

Kaip minėta, kompiuterinės technologijos saugaus ir sveiko būsto valdymu ir vertinimu suinteresuotoms grupėms (politikams, vadybininkams, būsto gyventojams ir kt.) gali teikti patarimus ar net padėti priimti sprendimus. Tačiau siekiant gauti tokius rezultatus reikia surinkti itin daug duomenų, vadinamų didžiais duomenimis, juos analizuoti, atrinkti ir panaudoti sprendimų priėmimo procesui efektyvinti bei rekomendacijoms pateikti.

Pasak Floyer (2015), didieji duomenys yra per didelis duomenų kiekis, kad juos būtų galima apdoroti tradiciniais metodais. Šis pavadinimas kilo interneto paieškos bendrovių dėka, kurios turėjo labai daug sudėtinių užklausų, t. y. laisvos struktūros duomenų problemą. Paprastai tariant – didieji duomenys reiškia itin didelius ir įvairius duomenų rinkinius, kuriems apdoroti reikia daug daugiau laiko bei sunku pritaikyti tradicines įmonių naudojamas priemones (Kejriwal 2012). Didieji duomenys – tai masyvus tiek struktūrizuotų, tiek nestruktūrizuotų duomenų tūris, kuris yra toks didelis, kad sunku apdoroti naudojant tradicines duomenų bazių ir programinės įrangos technologijas (Beal 2015). Taigi galima išskirti tris elementus, kurie apibrėžia didžiųjų duomenų sąvoką: apimtis, greitis ir įvairovė (K.U., David 2014; Ateities miestai 2013). Didieji duomenys nėra informacija, kurią galima pritaikyti siekiant priimti tam tikrą sprendimą, todėl tokie duomenys analizuojami.

K.U. ir David (2014) didžiųjų duomenų analizę traktuoja kaip pažangių analizės ir vizualizacijos metodų taikymą siekiant atskleisti paslėptus šablonus ir nežinomas veiksmingo sprendimų priėmimo proceso koreliacijas. Didžiųjų duomenų analizė apima kelis skirtingus etapus, kurie sudaro duomenų rinkimą ir įrašymą, informacijos išgavimą ir valymą, duomenų integravimą, agregavimą ir atstovavimą, užklauskos apdorojimą, duomenų modeliavimą, analizę bei interpretaciją. Kiekvienas iš šių etapų kelia tam tikrus iššūkius, tokius kaip: heterogeniškumas, apimtis, laikas, sudėtingumas ir privatumas (K.U., David 2014). Kompanija „SAS“ (Five big data 2016) išskiria tokias penkias didžiųjų duomenų analizės problemas:

1. Poreikis informaciją gauti itin greitai. Siekiant priimti tinkamus sprendimus realiuoju laiku, didiesiems duomenims apdoroti reikalingas itin didelis greitis.
2. Duomenų supratimas. Reikia daug žinių, siekiant atrinkti tinkamus duomenis teisingiems rezultatams gauti.
3. Pateikiamų duomenų kokybė. Net jei duomenys analizuojami itin greitai ir pateikiami tinkamai auditorijai, duomenų kokybė sprendimų priėmimo tikslais gali kelti pavojų, jei duomenys nėra tikslūs ar gaunami ne laiku.
4. Reikšmingų duomenų vaizdavimas. Esant dideliame duomenų kiekiui, kyla problemų juos atvaizduojant.
5. Kova su nepriklausančiais subjektais. Analizuojant didelius duomenų kiekius, kyla problema dėl šalia svarbios informacijos esančių nepriklausančių subjektų.

Nors, autoriai išskiria nemažai problemų, kylančių nagrinėjant didžiuosius duomenis, tačiau didžiųjų duomenų analizė yra ypač efektyvus būdas siekiant vi-

sapusiškai ištirti nagrinėjamą problemą, identifikuoti svarbiausius trūkumus prireikus suformuluoti rekomendacijas, skirtas saugaus ir sveiko būsto gyvenamajai aplinkai gerinti, o taikomi metodai leidžia sumažinti kylančių problemų skaičių.

Siekiant suformuluoti rekomendacijas kyla poreikis analizuoti rekomendacinių sistemų apibrėžimą, funkcijas ir pan. Užsienio šalių ir Lietuvos autoriai pateikia įvairius rekomendacinės sistemos apibrėžimus. Pasak Melville ir Sindhvani (2009), rekomendacinės sistemos tikslas – sukurti prasmingas daiktų arba produktų rekomendacijų kolekcijas vartotojams, kurios gali juos sudominti. Taip pat rekomendacinės sistemos yra informacijos filtravimo sistemos, sprendžiančios informacijos perkrovos problemą (Konstan, Riedl 2012). Pasak Pan ir Li (2010), perkrovos problema sprendžiama filtruojant svarbios informacijos fragmentą iš didelio kiekio dinamiškai generuojamos informacijos pagal vartotojo pageidavimus ir susidomėjimą. Isinkayea *et al.* (2015) rekomendacinę sistemą apibrėžia kaip vartotojų sprendimų priėmimo strategiją sudėtingose informacinėse aplinkose. Rekomendacinės sistemos paprastai teikia keletą rekomendacijų vienu iš dviejų būdų – atliekant bendrą ar turinio pagrindo filtravimą. Šios sistemos yra naudinga alternatyva rasti algoritmus, nes jos padeda vartotojams atrasti, įžvelgti elementus, kurių jie negali rasti patys. Taigi galime teigti, kad rekomendacinė sistema, sprendžia informacijos perkrovos problemą, filtruoja svarbios informacijos fragmentą iš didelio kiekio dinamiškai generuojamos informacijos pagal vartotojo pageidavimus, susidomėjimą. Tokiu būdu ji pateikia informacijos elementus, galinčius sudominti vartotoją.

Visgi norint suformuluoti savalaikes ir veiksmingas rekomendacijas, reikia gauti daug duomenų apie analizuojamą objektą ir jo aplinką. Todėl 1.4 poskyryje analizuojami duomenų gavybos būdai, poreikis bei taikymo sritys.

1.4. Duomenų gavybos uždaviniai, kryptys ir taikymo sritys

Duomenų gavyba (taip pat žinoma kaip angl. *Knowledge Discovery in Databases* arba angl. *Data Mining*) yra didžiųjų duomenų analizė atliekama pasitelkiant struktūrų/ryšių atpažinimo, mašininio mokymo, dirbtinio intelekto, statistinius ir matematinius metodus, siekiant nustatyti anksčiau nežinomus dėsningumus, modelius ir tendencijas (IBM 2009; Demirkan, Delen 2013; Chaudhary 2015).

Užsienio ir lietuvių autorių darbuose skiriami du pagrindiniai duomenų gavybos uždaviniai: priklausomybių tyrimo ir prognozavimo, kuriuos autoriai skirsto dar smulkiau (Sakalauskas 2007; Chaudhary 2015) (1.1 lentelė).

Šioje disertacijoje taikomi prognozuojantieji didžiųjų duomenų gavybos uždaviniai, siekiant nustatyti saugaus ir sveiko būsto analitinės-rekomendacinės sistemos poreikį.

1.1 lentelė. Pagrindiniai duomenų gavybos uždaviniai (Sakalauskas 2007; Chaudhary 2015)

Table 1.1. Main data mining tasks (Sakalauskas 2007; Chaudhary 2015)

Pagrindiniai duomenų gavybos uždaviniai							
Priklausomybių tyrimo				Prognozuojantieji			
Gru-pavi-mas	Susie-tumų tyrimas	Daž-numų ana-lizė	Apibend-rinimas	Klasifi-kavi-mas	Laiko sekų nuo-seklumų paieška	Reikšmių prognozavi-mas	Reg-resija

Literatūros šaltiniuose naudojama dar viena sąvoka – interneto duomenų gavyba (angl. *Web Data Mining*). Tai yra duomenų gavybos metodų taikymas, siekiant išgauti naudingų žinių iš interneto duomenų, apimančių žiniatinklio dokumentus, nuorodas tarp dokumentų, tinklalapių naudojimosi žurnalus ir t. t. Ši metodika leidžia asmeniui arba bendrovei skatinti verslą, suprasti rinkodaros dinamiką, naujas tendencijas internete (Mohata, Dhande 2015).

Remiantis užsienio šalių ir lietuvių autoriais, išskiriamos trys pagrindinės interneto duomenų gavybos kryptys (Kumar, Gosul 2011; Mohata, Dhande 2015; Blazquez, Domenech 2018):

1. Turinio duomenų gavyba (angl. *Web Content Mining*) – duomenų išgavimas iš interneto duomenų dokumentų turinio.
2. Struktūrinė duomenų gavyba (angl. *Web Structure Mining*) yra susijusi su internetinės svetainės struktūra/tipologija; ji nagrinėja ryšius tarp atskirų svetainės puslapių.
3. Vartojimo duomenų gavyba (angl. *Web Usage Mining*) – duomenų gavybos metodų taikymas vartojimo šablonams atskleisti iš turimų (istorinių) interneto svetainių serveryje laikomų duomenų.

Disertacijoje nagrinėjama turinio duomenų gavyba, siekiant atrinkti reikiamus statistinius duomenis, naudojamus mikro-, mezo-, makroaplinkų tyrimuose.

Lietuvoje duomenų gavyba dažnai taikoma rinkodaros tikslams įgyvendinti: perprasti klientus, tinkamai sudaryti jų segmentus, įvertinti poreikius, charakteristikas, įpročius. Komerinės ir viešojo sektoriaus organizacijos, taikydamos duomenų gavybą, sumažina riziką ir nuostolius, nustatydamos ir laiku užkirsdamos kelią įvairiems sukčiavimo, piktnaudžiavimo ir nusikaltimo atvejams sveikatos, draudimo, viešojo saugumo, mokesčių mokėjimo srityse (IBM 2009).

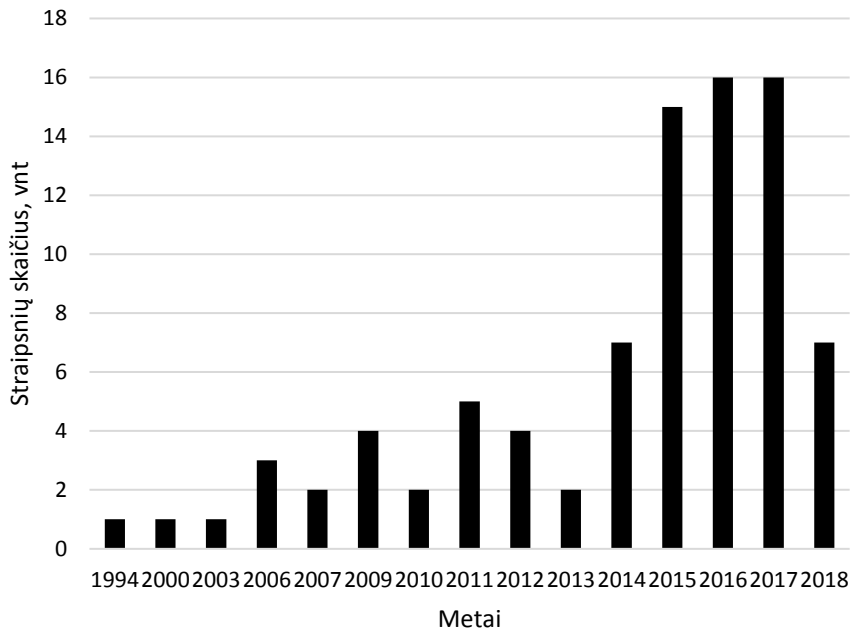
Užsienio literatūroje taip pat matomas platus didžiųjų duomenų naudojimo mastas. Kourtit ir Nijkamp (2018) teigia, kad informacija, gauta analizuojant didžiuosius duomenis, yra kaip išmanojo miesto protingų sprendimų palaikymo

priemonė, bei atliko tyrimą Stokholmo atvejui. Pan *et al.* (2016) rašė apie miesto didžiuosius duomenis ir išmaniojo miesto plėtrą. Wang *et al.* (2016) analizavo išmaniojo miesto energetikos ir transporto tinklo politiką, remdamasis didžiųjų duomenų analize. Zhang *et al.* (2018) aprašė darnią miestų transformaciją į pažangesnius, sveikesnius miestus: teorijas, darbotvarkes ir kelius, naudodamas informaciją, gautą išanalizavus didžiuosius duomenis. Wang *et al.* (2018) apžvelgė praeities vizijas, dabartines tendencijas ir ateities kontekstą: pastatų energetiką, užterštumą anglimi ir darnumą. Wu *et al.* (2018) rašė apie Kinijos bruožų turinčius išmaniuosius miestus, atsižvelgęs į didžiuosius duomenis: idėją, veiksmus ir riziką. Xiao *et al.* (2017) nagrinėjo teksto analizės priemones, padedančias priimti sprendimus, susijusius su žaliaisiais pastatais. Remiantis Mitchell (1999), duomenų gavyba gali būti taikoma medicinoje, gamyboje, finansų institucijose, atliekant išmaniąją analizę, viešojoje politikoje, rinkodaroje. Sprendžiami šie uždaviniai: mokymasis iš įvairių žiniasklaidos priemonių, tokių kaip tekstas, vaizdas, balsas; mokymasis iš įvairių duomenų bazių ir interneto; vykdomi aktyvūs eksperimentai; optimizuojami sprendimai; išrandami nauji būdai, kaip pagerinti tikslumą. Taigi, kalbant apie saugų ir sveiką būstą, literatūroje daugiausia rašoma apie didžiųjų duomenų analizės naudą plėtojant išmaniuosius miestus, miestų ir pastatų energetiką, žaliuosius pastatus. Didžiųjų duomenų analizė gali būti naudinga įvairioms institucijoms, verslo įmonėms ir pan., taip pat ir įgyvendinant viešąją politiką.

Atlikta analizė rodo, kad duomenų gavyba taikoma įvairių sričių įvairiems uždaviniams spręsti. Šiuo atveju saugus ir sveikas būstas bei jo aplinka nėra išsamiai ištirti. Būstą supa labai daug duomenų, kuriuos tinkamai apdorojus gali būti išspręstos įvairios su būstu ir jo valdymu susijusios problemos. Todėl labai svarbu tinkamai parinkti metodus didžiųjų duomenų analizei atlikti, kurie būtų analitinės-rekomendacinės sistemos veikimo pagrindas.

1.5. Saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinių-rekomendacinių metodų ir sistemų analizė

Lietuvos ir užsienio autorių darbuose didžiųjų duomenų gavybos uždaviniams spęsti taikomi įvairūs metodai. Remiantis *Clarivate Analytics Web of Science* duomenų baze, galima teigti, jog nuo 2014 m. iki 2017 m. straipsnių, kuriuose nagrinėjami didieji duomenys nekilnojamojo turto srityje, palaipsniui augo. Tikėtina, kad 2018 m. straipsnių padaugės ir jų skaičius pasieks 2017 m. lygį (1.1 pav.). Dažniausiai nekilnojamojo turto srityje analizuojami aplinkos taršos (Xu, Lin 2018) ir būsto sektoriaus rodikliai (Han *et al.* 2018; Stamou *et al.* 2017).



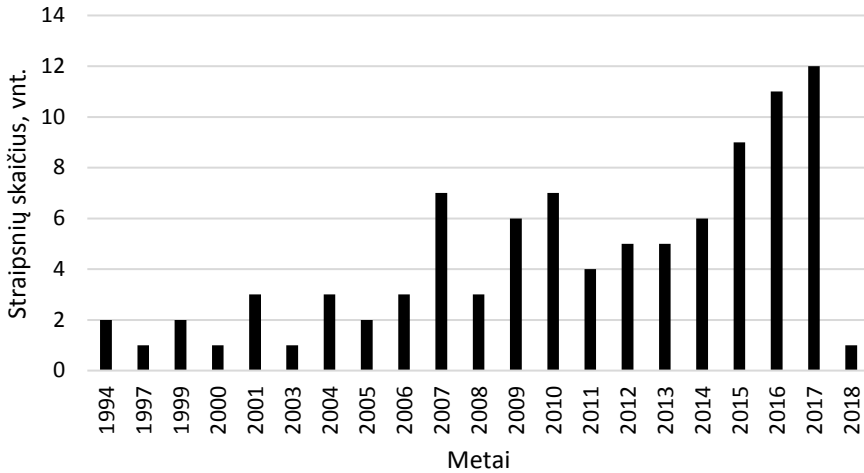
1.1 pav. Straipsnių skaičius *Clarivate Analytics Web of Science* duomenų bazėje pagal reikšminius žodžius (didieji duomenys + nekilnojamasis turtas) (sudaryta autorės)

Fig. 1.1. Number of articles in the *Clarivate Analytics Web of Science* according to keywords (big data + real estate) (created by the author)

Remiantis ta pačia duomenų baze, galime teigti, kad pagal reikšminius žodžius „didieji duomenys + nekilnojamasis turtas“ daugiausia straipsnių paskelbta ekonomikos, informatikos, vadybos sričių žurnaluose (A priedas).

Remiantis *Clarivate Analytics Web of Science* duomenų baze galima matyti, kad nekilnojamojo turto srities straipsniuose didžiųjų duomenų gavyba pradėta analizuoti jau nuo 1994 metų (1.2 pav.). 2014–2017 m. laikotarpiu straipsnių, kuriuose analizuojama didžiųjų duomenų gavyba, gerokai padaugėjo, lyginant su 1994–2006 m. laikotarpiu. Straipsniuose taikomi teksto gavimo (Abdallah 2018), regresinės analizės (Guan *et al.* 2014; Melanda *et al.* 2016; Abdallah 2018), laiko eilučių (Deo *et al.* 2017), klasterių (Fu *et al.* 2016), erdvinės analizės, sprendimų medžių (Melanda *et al.* 2016) metodai.

Atlikta *Web of Science* duomenų bazėje referuojamų straipsnių analizė parodė, kad duomenų gavybos nekilnojamojo turto srityje straipsnių daugiausia paskelbta informatikos inžinerijos kryptių, ekonomikos, statybos inžinerijos, vadybos kryptių žurnaluose (B priedas).



1.2 pav. Straipsnių skaičius *Clarivate Analytics Web of Science* duomenų bazėje pagal reikšminius žodžius (didžiųjų duomenų gavyba + nekilnojamasis turtas) (sudaryta autorės)

Fig. 1.2. Number of articles in the *Clarivate Analytics Web of Science* according to keywords (big data mining + real estate) (created by the author)

Dažniausiai Lietuvos ir užsienio autorių darbuose taikomi metodai analizuojant didžiuosius duomenis yra tokie:

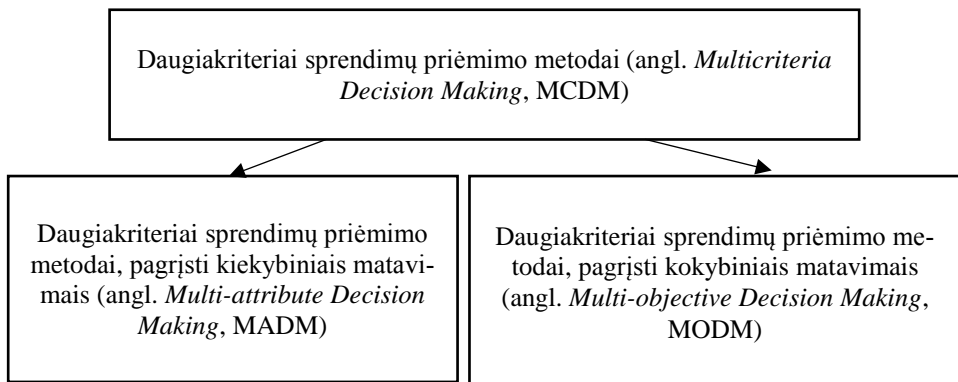
- sprendimų medžiai (Ricci *et al.* 2011; Melanda *et al.* 2016);
- regresija (linijinė, logistinė) (Ricci *et al.* 2011; Stephenson 2013; Yoo *et al.* 2014; Guan *et al.* 2014; Melanda *et al.* 2016; Abdallah 2018);
- klasteriai (Ricci *et al.* 2011; Madhulatha 2012; Fu *et al.* 2016);
- laiko eilučių analizė (Ricci *et al.* 2011; Koppa 2014; Deo *et al.* 2017);
- vektorių paramos mašinos (Ricci *et al.* 2011; Possala 2013);
- asociacijos taisyklė (Ricci *et al.* 2011; Stephenson 2013; Shu 2016);
- teksto gavimas (Ricci *et al.* 2011; Possala 2013; Abdallah 2018);
- neuroniniai tinklai (Nielsen 4i 2001; Ricci *et al.* 2011);
- Bajeso metodai (Data mining 2004; Ricci *et al.* 2011; Yoo *et al.* 2014);
- faktorinė analizė (Ricci *et al.* 2011; Faktorinė analizė 2014);
- socialinio tinklo analizė (Ricci *et al.* 2011; Stephenson 2013);
- genetiniai algoritmai (Ricci *et al.* 2011; Stephenson 2013);
- loginių taisyklių ir susietumo sąryšių paieška (Sakalauskas 2009);
- duomenų vaizdavimas (Sakalauskas 2009);
- analogijų paieška (Sakalauskas 2009);
- didelės apimties analizė (Shu 2016);

- bendro įspūdžio analizė (Shu 2016);
- gili analizė (Shu 2016);
- tikslumo analizė (Shu 2016);
- „skaldyk ir valdyk“ analizė (Shu 2016);
- erdvinė analizė (Melanda *et al.* 2016);
- kiti.

Visgi daugelyje duomenų gavybos uždavinių sprendimo schemų yra iškart integruota keletas metodų bei algoritmų (Sakalauskas 2009).

Literatūros analizė rodo, jog didžiųjų duomenų analizei taikomi įvairūs metodai ar jų deriniai. Disertacijoje taikoma regresinė analizė (LOGIT), siekiant nustatyti integruotos saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinės-rekomendacinės sistemos poreikį. Sistemoms sukurti pritaikytas duomenų vaizdavimo metodas.

Viešojo valdymo problemoms darantis vis sudėtingesnėms ir didėjant sprendimų bei pasekmių reikšmei, sprendimams pagrįsti siūloma taikyti daugiakriterius sprendimo metodus. Daugiakriterių (angl. *Multiple Criteria Decision Making*, toliau – MCDM) metodų tikslas – nustatyti geriausią iš lyginamų alternatyvų arba suteikti joms rangus pagal svarbumą vertinimo tikslo atžvilgiu (Podvezko, Podvezko 2014). Šie metodai skirstomi į dvi sritis: daugiakriterius sprendimo priėmimo metodus, pagrįstus kokybiniais matavimais (angl. *Multi-Objective Decision Making*, toliau – MODM), ir daugiakriterius sprendimų priėmimo metodus, pagrįstus kiekybiniais matavimais (angl. *Multi-Attribute Decision Making*, toliau MADM) (Zavadskas, Turskis 2011) (1.3 pav.).



1.3 pav. Daugiakriterių metodų klasifikacija (Zavadskas, Turskis 2011)

Fig. 1.3. Broad classification of MCDM methods (Zavadskas, Turskis 2011)

MCDM metodai taikomi spręsti tokioms problemoms, kaip energetikos, aplinkosaugos ir darnumo (Soltani *et al.* 2015; Zavadskas *et al.* 2015, 2018; Zhao,

Guo 2015), tiekimo grandinės valdymo (Rajesh, Ravi 2015), medžiagų parinkimo (Zavadskas *et al.* 2004), kokybės valdymo (Lupo 2015), GIS (Latinopoulos, Kechagia 2015), statybos ir projektų valdymo (Monghasemi *et al.* 2015; Zhang *et al.* 2017), saugos ir rizikos valdymo (Ilankumaran *et al.* 2015), gamybos sistemų, technologijų ir informacijos valdymo (Oztaysi 2014), operacijų tyrimų ir programinių skaičiavimų (Angilella, Mazzù 2015; Bouyssou, Marchant 2015; Zhu *et al.* 2015), strateginio valdymo (Hosseini Nasab, Milani 2012; Guarini *et al.* 2018), gamybos valdymo (Rabbani *et al.* 2014) ir turizmo vadybos (Akincilar, Dagdeviren 2014).

Nuo 1960 metų buvo sukurta ir patobulinta nemažai MCDM metodų. Remiantis atlikta analize, dažniausiai nekilnojamojo turto srityje taikomi šie MCDM metodai: AHP, SAW, Fuzzy sets (C priedas).

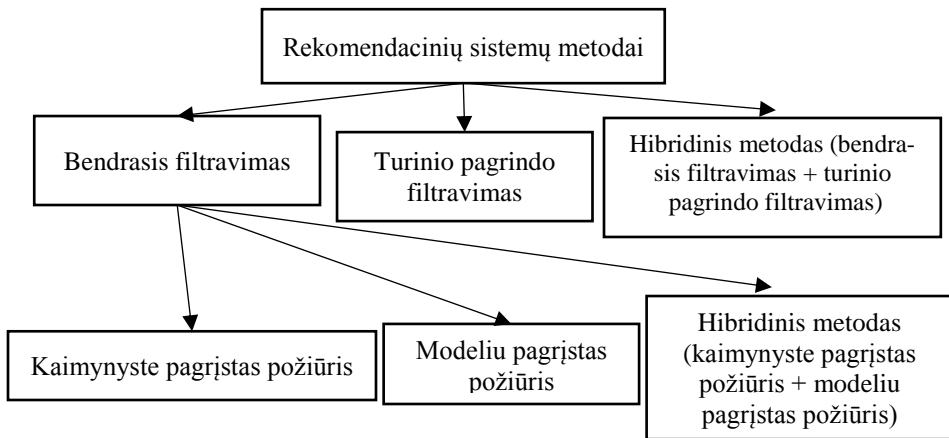
Analizė rodo, kad nekilnojamojo turto sričių problemoms spręsti plačiai taikomi daugiakriteriai sprendimų priėmimo metodai, pagrįsti kiekybiniais matavais. Disertacijoje taikomi COPRAS, CREST, INVAR daugiakriteriai metodai, daugiakriteris objektų naudingumo laipsnio optimizavimo metodas bei saugaus ir sveiko būsto analitinis metodas. COPRAS bei saugaus ir sveiko būsto analitinis metodai pasirinkti dėl jų patogaus, nesudėtingo taikymo įvairioms problemoms spręsti. CREST – tai disertantės kartu su kitais mokslininkais sukurtas metodas (2 skyrius), INVAR ir daugiakriteris objektų naudingumo laipsnio optimizavimo metodai suteikia galimybę optimizuoti rodiklius ir pateikti prognozes.

Siekiant panaudoti atrinktą ir išanalizuotą informaciją, pasirenkami rekomendacinių sistemų metodai, leidžiantys suinteresuotoms grupėms (politikams, vadybininkams, gyventojams ir kt.) pateikti tokias rekomendacijas, susijusias su analizuojamu būstu, kurios leidžia pagerinti saugaus ir sveiko būsto kokybę.

1.4 paveiksle pateikiami dažniausiai autorių taikomi rekomendacinių sistemų metodai. Rekomendacinėms sistemoms sukurti disertacijoje taikomas bendrojo filtravimo metodas.

Siekiant sukurti integruotą sveiko ir saugaus būsto didžiųjų duomenų analitinę-rekomendacinę sistemą disertacijoje taikomos sprendimų paramos sistemos (toliau – SPS), kurios tradiciškai skirstomos į sprendimų paramos sistemas, grupines sprendimų paramos sistemas, ekspertines sistemas ir dirbtinius neuroninius tinklus. Visos kartu šios sistemos patenka į dirbtinio intelekto sritį.

Užsienio literatūroje sprendimų paramos sistemos klasifikuojamos labai įvairiai. Vieni autoriai pirmiausia šias sistemas skiria į technologines, naudotojų ir sektoriaus, kurias klasifikuoja dar smulkiau. Kiti autoriai išskiria tris pagrindines grupes: duomenų bazės valdymo sistema, modelių bazės valdymo sistema, dialogo generavimo ir valdymo sistema (Druzdzel, Flynn 2002). Dar kiti skirsto į penkias grupes: ryšiais valdoma SPS, duomenimis valdoma SPS, dokumentais valdoma SPS, žiniomis valdoma SPS, modeliais valdoma SPS (Marin 2003; Salleh 2013).



1.4 pav. Rekomendacinių sistemų metodai (sudaryta autorės remiantis Burke 2002; Ekstrand *et al.* 2011; Ricci *et al.* 2011; Lops *et al.* 2011; Jannach *et al.* 2013)

Fig. 1.4. Methods of recommender systems (created by author according to Burke 2002; Ekstrand *et al.* 2011; Ricci *et al.* 2011; Lops *et al.* 2011; Jannach *et al.* 2013)

Remiantis tradiciniu SPS skirstymu toliau atliekama sprendimų paramos sistemos, grupinės sprendimų paramos sistemos, ekspertinės sistemos ir dirbtinių neuroninių tinklų analizė. SPS remiasi įvairių šaltinių duomenimis, leidžia vartotojams transformuoti milžinišką neapdorotą duomenų kiekį į sprendžiamai problemai analizuoti ir sprendimui priimti reikalingus informacinius pranešimus (Garšva, Merkevičius 2005; Bâra, Lungu 2012).

Užsienio šalių darbų autoriai sprendimo paramos sistemas kuria ir vysto įvairioms problemoms spręsti. Nemažai sistemų sukurta ir su būstu susijusioms problemoms nagrinėti. Seyis ir Ergen (2017) sukūrė sprendimų priėmimo paramos priemones, paremtas vertinamo projekto požymiais, žaliųjų pastatų sertifikavimo kreditams pasirinkti. Hettinga *et al.* (2018) kūrė kelių suinteresuotų šalių sprendimų paramos sistemą vietos kaimynystės energetikai planuoti. Kaklauskas *et al.* (2015) sukūrė būsto sveikatos ir saugos sprendimų paramos sistemą su papildytąja realybe. Sukurta HUSSAR sistema leidžia sprendimus priimančiam asmeniui gauti įvairią konceptualią ir kiekybinę informaciją iš duomenų ir modelių bazių, leidžiančią jam atlikti gyvenimo kokybės analizę ir priimti veiksmingą sprendimą. Guardigli *et al.* (2018) analizavo energijos išteklių modernizavimo alternatyvas dideliems viešiesiems būstams. Pasak autorių, gyvenamųjų namų sektoriuje pagrindinius aspektus paprastai sudaro nepriimtinos gyvenimo sąlygos, kurias sukelia struktūriškai netinkami arba nesveiki pastatai ir nesaugios socialinės sąlygos. Palankias situacijas skatina viešoji politika, skatinamos mažesnės palūkanų normos, skatinama tiesioginė parama arba mokesčių nuolaidos. Autoriai pasiūlė spren-

dimų paramos sistemą, skirtą skirtingoms renovacijos strategijoms įvertinti, nustatant jų ekonominę reikšmę darnumo lygiui, palyginti su pasiektu energijos vartojimo efektyvumu. Duah ir Syal (2016) sukūrė ERIDSS energetikos modernizavimo pažangių sprendimų paramos sistemą, kuri sujungė ekspertines žinias su kiekybine informacija, siekiant namų savininkams pateikti tikslią informaciją efektyvesniam sprendimų priėmimo procesui užtikrinti. Nuuter *et al.* (2015) atliko Europos šalių būsto rinkos darnumo palyginimą, grindžiamą daugiakriterių kriterijų vertinimu. Serrano-Jiménez *et al.* (2018) sukūrė sprendimų paramos sistemą, taikant integruotą architektūrinių intervencijų vertinimo metodą, skirtą tvariai pastatų renovacijai senstančiai visuomenei. Horváth ir Harazin (2016) sukūrė pramonės ekologinių sprendimų paramos sistemą, siekiant skatinti darnią verslo ir vyriausybės partnerystės plėtrą. Jafari ir Valentin (2017) sukūrė optimizavimo sistemą, skirtą energijos modernizavimo sprendimams kurti. Lee ir McNamara (2017) rašė apie skurstančiųjų decentralizavimą vykdant viešąją būsto politiką ir sukūrė sprendimų paramos sistemą. Körner ir Van Straten (2008) analizavo šiltnamio efektą sukeliančių šiuolaikinių klimato kontrolės sistemų strategijas. Ahmed *et al.* (2011) savo tyrime nagrinėja pastatų charakteristikų ir konstrukcijų sujungimo poveikį taikant duomenų gavybos metodus, taip pat ir kambario energijos vartojimo efektyvumą. Gauti rezultatai rodo, kad autorių sukurti metodai ir sistema yra labai tikslūs ir patikimi, prognozuojant energijos vartojimo mažinimo būdus. Rezultatai yra išplėsti, siekiant parodyti sukurtų metodų naudą optimizuojant keturis pagrindinius elementus (struktūrą, sistemas, paslaugas ir valdymą) bei jų tarpusavio ryšius. Šie metodai išplečia ir tobulina esamas metodikas, supaprastina vidinės dienos šviesos ir šilumos komforto modeliavimą, taip pat padeda stiprinti energijos valdymo sprendimų priėmimą.

Taigi matome, kad yra sukurta nemažai sprendimų paramos sistemų, susijusių su būstu. Tačiau jos analizuoja, padeda spręsti dažniausiai vieną problemą ir neanalizuoja mikro-, mezo-, makroaplinkų. Sukurta sprendimų paramos sistema turi sudaryti sąlygas sprendimų priėmėjui, besiremiančiam duomenų ir modelių bazėmis, gauti įvairiais požiūriais išsamius kiekybinius ir kokybinius sprendžiamos problemos vertinimus, leisti juos lanksčiai analizuoti ir lengviau priimti sprendimus.

Siekiant sukurti integruotą saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinę-rekomendacinę sistemą reikia analizuoti ne tik SPS, bet ir grupines sprendimų paramos sistemas (toliau – GSPS), kurios apima komunikacijos, skaičiavimo ir sprendimų priėmimo technologijas, kad grupė žmonių lengviau formuluotų nesistemintas problemas ir priimtų sprendimą. GSPS tikslas – pagerinti grupinių sprendimų priėmimo procesą šalinant bendrus komunikacijų barjerus, taikant struktūrinės sprendimų analizės metodus ir sistemiškai organizuojant diskusijos formą, laiką ir turinį (Kaklauskas ir Zavadskas 2010).

Literatūros šaltiniuose aprašomos kelios sukurtos sistemos. Ghavami *et al.* (2016) aprašė euristinį pasiūlymą, pagrįstą derybų mechanizmu (grupinėmis sprendimų paramos sistemomis), skirtą socialiai racionaliems agentams, kurie planuoja žemės naudojimo veiksmus. Mardani *et al.* (2017) apžvelgė daugiakriterių sprendimų priėmimo metodų taikymą, skirtą energijos valdymo problemoms spręsti nuo 1995 m. iki 2015 m., bei analizavo grupines sprendimų paramos sistemas. Kumar *et al.* (2017) apžvelgė daugiakriterius sprendimų priėmimo metodus, taikomus siekiant darnios atsinaujinančios energijos plėtros, ir analizavo grupines sprendimų paramos sistemas. Voinov *et al.* (2016) rašė apie išteklių ir aplinkos valdymo dalinį modeliavimą, kartu su suinteresuotomis šalimis naudodami grupines sprendimų paramos sistemas.

Pastarųjų metų literatūros apžvalga parodė, kad saugaus ir sveiko būsto temai analizuoti buvo sukurta itin mažai grupinių sprendimų priėmimo sistemų. Dauguma sistemų analizavo energijos valdymo problemas. Visgi nė viena sistema neanalizuoja mikro-, mezo-, makroaplinkų.

Kita SPS grupė – ekspertinės sistemos, kurios apibrėžiamos kaip kompiuterinės programos, atliekančios užduotis, kurias kitu atveju atliktų žmogus ekspertas. Ekspertinė sistema, remdamasi šia informacija, daro išvadas arba imasi veiksmų (Digital financing report 2016).

Toliau apžvelgiamas ekspertinių sistemų taikymas ir kūrimas, aprašomas pasaulinėje literatūroje. Amiri *et al.* (2017) sukūrė apytikslę tikimybinę ekspertinę sistemą profesinei rizikai vertinti statyboje. Faia *et al.* (2017) aprašė atvejį, pagrįstą ekspertine sistema ir intelektu, siekiant nustatyti pastatų energijos mažinimo būdus. Nilashi *et al.* (2015) sukūrė žiniomis grįstą ekspertinę sistemą, skirtą žaliųjų pastatų našumui įvertinti. Ochoa ir Capeluto (2015) aprašė sprendimų metodologiją, skirtą ekspertinėms sistemoms, taikomoms gyvenamuosiuose pastatuose, kuriuose pritaikyta energijos modifikavimo fasadų sistema. Ahn *et al.* (2017) rašė apie kovariantinio poveikio analizę, taikant ankstyvojo statybos sąnaudų įvertinimo metodus. Touret *et al.* (2018) parašė apžvalgą apie pritaikytas sistemas temperatūrai stebėti internetu. Zavadskas *et al.* (2017b) apžvelgė ciklinių statybos procesų derinimą. Yılmaz ir Kanit (2018) sukūrė praktinį ekspertinę sistemą grįstą įrankį, skirtą apskaičiuoti Turkijos gyvenamųjų namų statybos projektų išlaidoms, susijusioms su privalomosios sveikatos apsaugos ir saugos reikalavimu. Oliveira *et al.* (2017) aprašė būsto saugos indeksų kūrimą gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto strateginiam planavimui. Praktikoje taikoma ekspertinė drėgmės ir temperatūros kontrolės sistema, grindžiama dirbtiniais neuroniniais tinklais (angl. *Artificial Neural Fuzzy Interface System*) (Soyguder, Hasan 2009). Analizė rodo, kad dirbtinių neuroninių tinklų sistemos naudojamos įvairioms statybos proceso sąnaudoms, energijos sąnaudoms pastatuose valdyti.

Atlikta ekspertinių sistemų nekilojamojo turto srityje analizė leidžia teigti, kad nebuvo sukurtos duomenų bazės, kuri būtų inovatyvi sudaryta iš įvairių kiekybinių ir kokybinių veiksnių bei analizuotų mikro-, mezo- ir makroaplinkas. Tokią naują integruotą BDHOSS sistemą siekia sukurti šios disertacijos autorė.

Dar viena tradicinio SPS klasifikavimo grupė – dirbtinių neuronų tinklai (toliau – DNT). Tai yra šiuolaikinė priemonė, plačiai taikoma apdorojant skaitmeninius signalus, sprendžiant sudėtingus, įprastinėmis priemonėmis sunkiai modeliuojamus ir didelių skaičiavimo išteklių reikalaujančius uždavinius (Navakauskas 2000; Verikas, Gelžinis 2003). Li *et al.* (2018), naudodami dirbtinius neuroninius tinklus, atliko modeliavimo tyrimą, skirtą įvairių tipų namuose esančių oro kondicionavimo sistemų veikimui įvertinti. Pombeiro *et al.* (2017) palygino nesudėtingus modelius (linijinės regresijos, neaiškaus modeliavimo ir neuroninių tinklų) prognozuodami, kiek elektros energijos bus suvartojama valstybės įstaigose. Mba *et al.* (2016) sukūrė dirbtinį neuroninį tinklą, skirtą kasdienei patalpų oro temperatūrai ir santykinei drėgmei prognozuoti šiuolaikiniame pastate, drėgnoje aplinkoje. Mshali *et al.* (2018) atliko sveikatos stebėjimo sistemų išmaniuosiuose namuose tyrimą. Wei *et al.* (2018) analizavo duomenų valdymo metodus, skirtus pastatų energijos vartojimui prognozuoti ir klasifikuoti. Robinson *et al.* (2017) analizavo mašininio mokymosi metodus komercinio pastato energijos suvartojimui įvertinti. Harish ir Kumar (2018) parengė pastatų energinių sistemų modeliavimo apžvalgą. Zhou *et al.* (2016) analizavo didžiųjų duomenų valdymą – išmanųjį energijos valdymą nuo didžiųjų duomenų iki didžiųjų įžvalgų. Kumar *et al.* (2016) tyrė vidinę oro kokybę ir energijos valdymą naudodami realiojo laiko jutiklius komerciniuose pastatuose. Soares *et al.* (2017) padarė dabartinių pastatų energinio naudingumo ir aplinkosaugos veiksmingumo pažangos apžvalgą, siekdami tvaresnės užstatytos aplinkos. Mushore *et al.* (2017) savo straipsnyje stengėsi suprasti miesto lauko temperatūros ir patalpų oro kondicionavimo energijos poreikius Zimbabvėje. Enescu (2017) atliko šilumos komforto modelių ir kriterijų apžvalgą patalpose. Literatūros analizė rodo, kad neuroninės sistemos dažniausiai kuriamos pastatų energijos suvartojimo ir patalpų oro kokybės klausimams spręsti. Neuroniniai tinklai gali būti naudojami integruotai BDHOSS analitinei-rekomendacinei sistemai sukurti.

Remiantis atlikta tradicinių sprendimų paramos sistemų analize, galima teigti, kad nėra sukurtos inovatyvios integruotos saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinės-rekomendacinės sistemos, kurią sudarytų integruoti posistemai ir būtų sudarytos sąlygos įvertinti būsto saugumą ir sveikumą mikro-, mezo- ir makroaplinkos sąlygomis, efektyvinti sprendimų priėmimo procesą bei teikti rekomendacijas politikams, saugaus ir sveiko būsto gyventojams ir kitiems suinteresuotiems asmenims. Tokiai sistemai kurti pasirinkta GSPS, nes ji kaip ir SPS geba analizuoti įvairias su būstu ir NT susijusias problemas, tačiau kitaip nei SPS atsižvelgia į visų suinteresuotų asmenų interesus.

1.6. Saugaus ir sveiko būsto gyvavimo procesas ir jo vertinimas

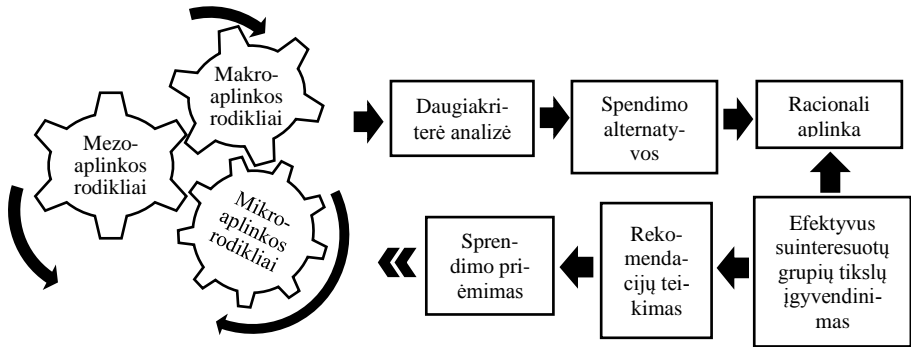
Saugaus ir sveiko būsto projektavimo tikslas – patenkinti suinteresuotų grupių poreikius. Poreikiai gali būti fiziologiniai, saugumo, socialiniai, pagarbos, saviraiškos. Daugelį rimtų būsto problemų (pvz., garso izoliacija, drėgmė ir pan.) gali sukelti netinkama žmonių veikla, susijusi su vandalizmu, išsilavinimo stoka, chuliganizmu, vagystėmis ir kt. Tokiu atveju saugaus ir sveiko būsto problemos sprendžiamos didinant investicijas infrastruktūros, švietimo plėtotei, geros kaimynystės ir būsto eksploataavimo programoms.

Pasak Kaklauskas *et al.* (2012a) privatizuojant, perkant, parduodant būstą susiduriama su teisiniais klausimais. Teisinė sistema atspindi esamą socialinę, ekonominę, politinę, techninę būklę šalyje ir rinkos ekonomikos keliamus reikalavimus. Viešojo valdymo institucijos susiduria su vargingų būstų problemomis, kurias sprendžia jas dviem būdais: priimdamos minimalius būstų ir jų aplinkos standartus, teikdamos finansavimą gyventojams, neįgalintiems pasiekti nustatytų reikalavimų lygio.

Siekdamos padidinti būsto saugumą ir sveikumą šalys įgyvendina skirtingas strategijas ir taktikas, nes skiriasi jų ekonomika, rinka, teisiniai, instituciniai, technologiniai, techniniai, kultūriniai, psichologiniai, etiniai ir kiti aspektai. Norint užtikrinti visavertį būsto gyvavimo procesą siūloma jį analizuoti remiantis aukščiau pateikiamais aspektais. Taip pat svarbu kompleksiskai išanalizuoti sudėtinės jo dalis, dalyvaujančias suinteresuotas grupes, jų tikslus ir galimybes, mikro-, mezo- ir makroaplinkos poveikį.

Remiantis Kaklauskas *et al.* (2012a) būsto gyvavimo procesą sudaro septynios sudėtinės dalys: tikslų nustatymo, projektavimo, vystymo, naudojimo, valdymo, nugriovimo ir utilizavimo stadijos. Būsto gyvavimo procese dalyvauja, jo efektyvumą veikia ir savo tikslus stengiasi įgyvendinti įvairios suinteresuotos grupės (gyventojai, žiniasklaida, politinės partijos, visuomeninės organizacijos, užsakovai ir naudotojai, projektuotojai, rangovai ir subrangovai, tiekėjai, valstybė ir jos įgalios institucijos, savivaldybės, bankai, organizacijos, teikiančios statinių naudojimo ir priežiūros paslaugas ir pan.)

Norint integruotai išnagrinėti būsto gyvavimo procesą, būtina kompleksiskai analizuoti šį ciklą (1.5 pav.).



1.5 pav. Bendra saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų vertinimo schema (sudaryta autorės)

Fig. 1.5. The diagram of the assessment of big data on safe and healthy housing (created by the author)

Būsto efektyvumo lygis priklauso nuo mikro-, mezo- ir makroaplinkos veiksnių, kurie daro įtaką visos šalies efektyvumo lygiui. Sudarant būsto gyvavimo procesą apibūdinančius kriterijų rinkinius, remtasi įvairių autorių mintimis, nes suinteresuotų grupių tikslai ir kriterijų rinkiniai yra gana subjektyvūs. Sudarius kriterijų posistemius ir atrinkus kriterijus, svarbu pritaikyti metodus, kurie laiku pateiktų rezultatus ir rekomendacijas įvairioms suinteresuotoms grupėms.

1.7. Pirmojo skyriaus išvados ir disertacijos uždavinių formulavimas

1. Mokslinių tyrimų apžvalga parodė, kad sprendimų paramos sistemos plačiai taikomos su būstu susijusiomis problemoms spręsti, tačiau būtent grupinės sprendimų paramos sistemos geba analizuoti įvairias su būstu ir nekilnojamoju turto susijusias problemas atsižvelgiant į visų suinteresuotų asmenų poreikius. Grupinės sprendimų paramos sistemos padeda analizuoti didžiuosius duomenis bei visapusiškai ištirti nagrinėjamą problemą, identifikuoti svarbiausius trūkumus, prireikus suformuluoti rekomendacijas, kaip gerinti saugaus ir sveiko būsto gyvenamąją aplinką.
2. Teorinės analizės rezultatai parodė, kad sprendžiant saugaus ir sveiko būsto problemas nekilnojamojo turto srityje, dažniausiai taikoma keletas integruotų didžiųjų duomenų analizės metodų ir algoritmų, o tyrimų re-

zultatai referuojami ekonomikos, informatikos, vadybos sričių žurnaluose. Taip pat taikomi įvairūs MCDM metodai, duomenų gavybos uždaviniams spręsti naudojama keletas iškart integruotų metodų ir algoritmų.

3. Pastebėta, kad nėra sukurtos integruotos saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinės-rekomendacinės sistemos, kuria kompleksiskai analizuojamas visas saugaus ir sveiko būsto gyvavimo ciklas ir jį veikiantys mikro-, mezo- ir makroaplinkos veiksniai, kuri pateiktų rezultatus, leidžiančius laiku priimti sprendimus ir sudaryti daugybę personalizuotų rekomendacijų suinteresuotiems asmenims.

Atlikta teorinė analizė sudarė prielaidas patikslinti disertacinio darbo uždavinius:

1. Nustatyti metodus, taikytinus saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analizei atlikti ir suformuoti saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų vertinimo koncepcinį modelį.
2. Atlikti saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų mikro-, mezo-, makrolygmenyse vertinimą, INVAR metodo patikimumo analizę ir sukurtų sistemų, skirtų viešojo sektoriaus institucijų, suinteresuotų grupių sprendimų priėmimo procesui efektyvinti, praktinių situacijų analizes.
3. Sukurti analitines-rekomendacines sistemas, kurios analizuotų saugų ir sveiką būstą mikro-, mezo-, makroaplinkose bei teiktų rekomendacijas.
4. Sukurti integruotą saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinę-rekomendacinę sistemą, parengiant šioms analitinėms-rekomendacinėms sistemoms reikalingas duomenų ir modelių bazes, duomenų ir modelių bazių valdymo sistemas, vartotojo sąsają.

2

Saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų vertinimo metodologija

Šiame disertacijos skyriuje sudaromi saugaus ir sveiko būsto makro- (Lietuvos ir kaimyninių šalių, Vilniaus ir kitų Europos miestų), mezo- (statybos ir NT sektoriaus) ir mikro- (būsto) lygmens kriterijų rinkiniai. Analizuojami reikšmingumą nustatymo metodai: ekspertinio vertinimo, kompleksinio saugaus ir sveiko būsto kriterijų reikšmingumo nustatymo metodai. Analizuojami daugiakriterės analizės metodai: COPRAS, CREST, INVAR, daugiakriteris objektų naudingumo laipsnio ir optimizavimo metodas, saugaus ir sveiko būsto vertinimo analitinis metodas. Analizuojamas didžiųjų duomenų statistinės analizės LOGIT metodas, pateikiami metodų matematiniai aprašymai, sudarytas saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų mikro-, mezo- ir makrolygmenims koncepcinis vertinimo modelis.

Skyriaus tematika paskelbti keturi straipsniai (Kaklauskas *et al.* 2015, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d), skaitytas pranešimas tarptautinėje konferencijoje «Экономика, оценка и управление недвижимостью: IV международная научно-практическая конференция».

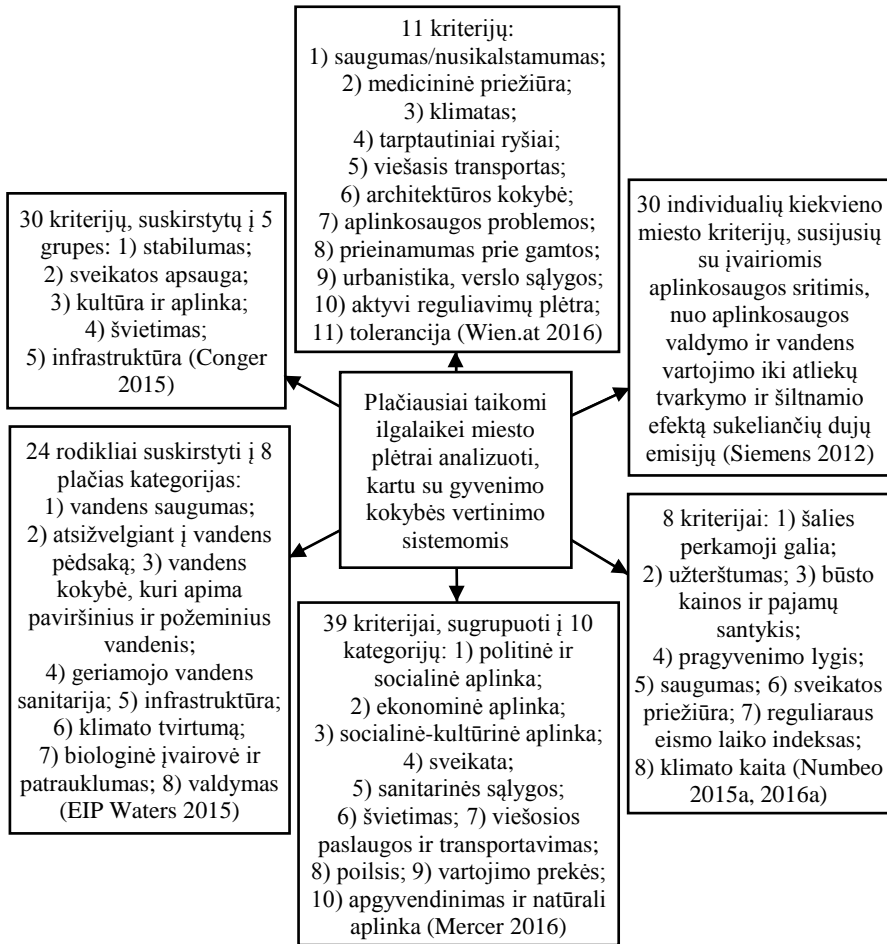
2.1. Kriterijų rinkiniai saugaus ir sveiko būsto didiesiems duomenims vertinti

2.1.1. Makroaplinkos kriterijų rinkinys

Makroaplinkos analizei atlikti siūloma vertinti Lietuvos ir kaimyninių šalių nacionalinį darnumą, todėl sudaromas kriterijų rinkinys. Aplinkos darnumo veiksniai nustatyti remiantis pasaulyje atliktų tyrimų aplinkos darnumo srityje analize (Kaufmann *et al.* 2007; Franzen, Vogl 2013; Hsu *et al.* 2013; Otoiu *et al.* 2014; Hajduová *et al.* 2014; Grigoroudis *et al.* 2014; Roaf *et al.* 2014; Frugoli *et al.* 2015; GarcíaSánchez *et al.* 2015; Luzzati, Gucciardi 2015; United Nations Development 2015; Iddrisu, Bhattacharyya 2015; Das Neves Almeida, García-Sánchez 2016; Liu *et al.* 2016; Dias 2017; Cook *et al.* 2017; Environmental Performance Index 2017; Numbeo 2017; Redefining Progress 2017; Simas *et al.* 2017 *et al.*) (D priedas).

Siekiant sužinoti, ar sprendimų veiksniai daro įtaką nacionaliniam aplinkos darnumui buvo nustatytas koreliacinis ryšys tarp aplinkos darnumo rodiklių (aplinkos poveikio indekso, gyvenimo kokybės indekso, ekologinio pėdsako indekso) ir kitų kiekybinių bei kokybinių rodiklių. Koreliaciniai ryšiai (E priedas) įrodo, kad pasirinkta sprendimų priėmimo matrica yra racionali. Kriterijai buvo suskirstyti į dvi grupes: apimančius analizės laikotarpio vidutinę vertę ir naujausių turimų metų vertę (F priedas).

Makroaplinkos analizei atlikti taip pat siūloma vertinti Vilniaus ir kitų Europos miestų darnią plėtrą per gyvenimo kokybės prizmę. Šiuo metu daugiau nei pusė pasaulio žmonių gyvena miestuose, o Jungtinių Tautų prognozės rodo, kad iki 2050 m. šis skaičius padidės daugiau nei dviem trečdaliais (Siemens 2012). Urbanizacija daro didelę žalą aplinkai, todėl būtina šį procesą valdyti ir vertinti. Tam sudaromas kriterijų rinkinys, kuris leidžia įvertinti miestų darnią plėtrą. Tuo tikslu pasaulyje yra sukurta daugybė metodologijų ir sistemų, vertinančių darnią plėtrą per miestų gyvenimo kokybės prizmę: Monocle's gyvenimo kokybės tyrimas (Neuvonen, Ache 2017; Ahvenniemi *et al.* 2017), Mercer gyvenimo kokybės vertinimas (Mercer 2016), Pasaulinė miesto kriterijų programa (Shen, Zhou 2014), Numbeo gyvenimo kokybės indeksas (Numbeo 2017; Nuuter *et al.* 2015) ir t. t. Plačiausiai taikomi kriterijai ilgalaikiai miesto plėtrai analizuoti, kartu su gyvenimo kokybės vertinimo sistemomis apibendrinti 2.1 paveiksle.



2.1 pav. Plačiausiai taikomi kriterijai ilgalaikei miesto plėtrai analizuoti, kartu su gyvenimo kokybės vertinimo sistemomis (sudaryta autorės, remiantis Siemens (2012), Conger (2015), EIP Waters (2015), Wien.at (2016), Mercer (2016), Numbeo (2015a, 2016a, 2017))

Fig. 2.1. Indicators most widely applied for analysing sustainable city development along with quality of life assessment systems (created by the author, according to Siemens (2012), Conger (2015), EIP Waters (2015), Wien.at (2016), Mercer (2016), Numbeo (2015a, 2016a, 2017))

Numbeo (2017) sukūrė gyvenimo kokybės vertinimo rodiklį, kuris įvertina 2.1 paveiksle pateiktus veiksniai ir vertina darnią plėtrą per gyvenimo kokybės prizmę, todėl makroaplinkos analizei atlikti buvo pasirinkta būtent ši vertinimo sistema, sudaryta iš 8 kriterijų.

2.1.2. Mezoaplinkos kriterijų rinkinys

Mezoaplinkos analizei atlikti siūloma vertinti Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto sektorių ekonominės krizės metu. Lietuvos ir užsienio šalių autoriai išskiria įvairius veiksnius, kurie lemia būsto krizės kilimą.

Vanichvanata (2007) išskyrė pagrindinius kainas lemiančius veiksnius, susijusius su statybos aplinka: išduotų leidimų ir pastatytų pastatų skaičius, statybos kainų indeksai ir t. t., šalies ekonomika: BVP ir užimtumas, palūkanų normos ir užsienio valiutos kursai, akcijų kainų indeksai, geografiniai veiksniai (populiacija, amžius).

Chen *et al.* (2004) nagrinėjo būsto kainų cikliškumą Azijos rinkoje (Hong Konge, Singapūre, Tokijuje ir Taipėjuje). Jie nustatė, kad kainų ciklai šiose rinkose sutapo, tačiau kainų pokyčius lėmė ekonominės plėtros veiksniai. Pasak Kuodžio (2004), burbulų egzistavimą reikėtų testuoti apimant būsto kainas su fundamentaliaisiais kriterijais tokias kaip: statybos išlaidomis, realia palūkanų norma, būstų nuomos kaina, alternatyvių (finansinių) investicijų grąža. Taigi fundamentaliuosius veiksnius lemia šalies ekonomikos ir finansų rinkos plėtra. Nors fundamentaliuosius veiksnius išskirti nesudėtinga, tačiau NT rinkoje nustatyti kainų burbulų susiformavimą yra labai sudėtinga.

Björklund ir Söderberg (1999) mano, kad kainų burbulas nekilnojamojo turto rinkoje susiformuoja, jei tenkinama bent viena iš šių sąlygų:

- kainos auga ilgą laiką ir šis augimas negali būti paaiškintas palūkanų normų pokyčiais;
- kainos auga ilgą laiką ir nuomos kainų augimas nepaaiškina butų kainų augimo;
- nuomos kainas lemiantys veiksniai daugiau susiję su pajamomis, o ne su kainų lygiu nuomos rinkoje;
- kainų augimo negalima paaiškinti fundamentaliųjų veiksmių pokyčiais.

Galima teigti, kad autoriai daug dėmesio skiria nuomos kainų dinamikai. Pasak jų, susirūpinimą turi kelti tai, kad pardavimo kainoms sparčiai augant, nuomos kainos išlieka stabilios ar net mažėja. Dėl to išsipučia nekilnojamojo turto kainos ir jai tenkančio pelno santykis, trumpai vadinamas P/E (angl. *price/earnings*).

Dar vienas dažnai minimas kainų burbulų požymis – spekuliantų, kurie rezervuoja ar perka turtą, tikėdamiesi uždirbti iš jo pabrangimo, dalies rinkoje didėjimas. Burbului pūstis labai padeda ir neribotos skolinimosi galimybės, nes papildoma pinigų masė rinkoje stipriai padidina paklausą. Rinkos žaidėjai, matydami spartų nekilnojamojo turto kainų kilimą, natūraliai sumažina pasiūlą, o tai paskatina dar stipresnę kainų kilimą. Susidaro įspūdis, kad rinkoje nebėra ko pirkti, o pirkti norinčių be galo daug (Tupėnaitė, Kanapeckienė 2009).

Lind (2008, 2009) savo straipsniuose išskiria šiuos veiksnius, lemiančius statybos ir nekilnojamojo turto kilimą: kainos ir pajamų santykis, būsto išlaidos, būsto pasiūla, pirkėjo lūkesčiai dėl kainų, pirkėjo nekantrumas ir finansinės rizikos prisiėmimas, kredito rinka ir spekuliacinis elgesys. Tokius pačius veiksnius išskiria ir Azbainis (2009).

Lietuvos mokslininkai Turskis *et al.* (2009) teigia, kad kainų augimui daugiausia įtakos turi makroaplinkos veiksniai: ekonominiai, socialiniai, kultūriniai-teisiniai, technologiniai ir gamtiniai bei makroekonominiai rodikliai: BVP augimas, infliacija, pinigų pasiūlos rodikliai, palūkanų norma, valiutų kursų svyravimai, nedarbo lygis, užimtumo lygis statybų sektoriuje, vartotojų kainų indekso kitimas.

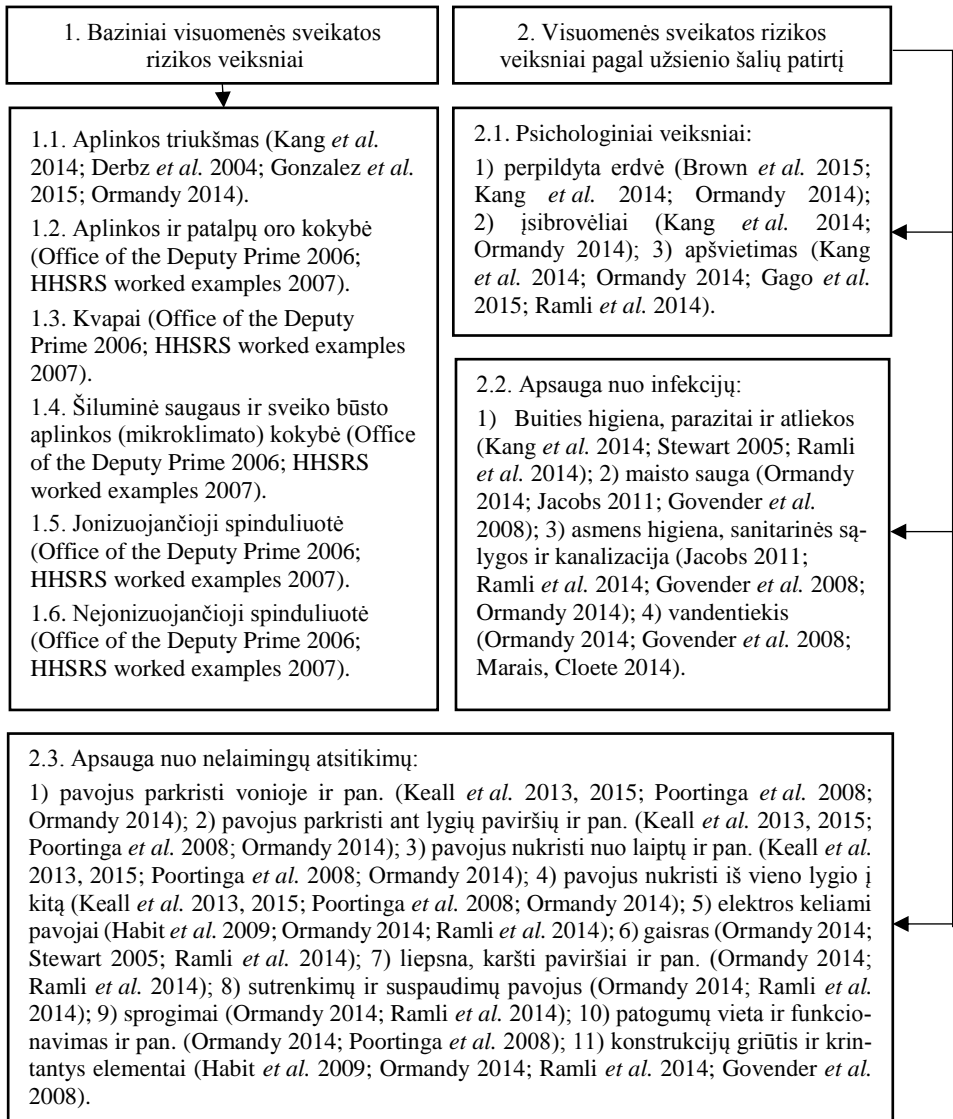
Remiantis Lind (2008, 2009) bei integruojant ekonominius ir svarbiausius pasaulio konkurencingumo kriterijus, buvo sudaryti analizei reikalingų kriterijų sisteminiai: 1) kainos ir pajamų santykio; 2) būsto išlaidų; 3) būsto pasiūlos; 4) pirkėjo lūkesčių dėl kainų; 5) kreditų rinkos; 6) nuomos ir būsto kainos; 7) pasaulio konkurencingumo; 10) makroekonominių kriterijų sisteminiai.

2.1.3. Mikroaplinkos kriterijų rinkinys

Mikroaplinkos analizei atlikti siūloma vertinti saugaus ir sveiko būsto veiksnius. Užsienio autorių Csóka *et al.* (1993), Schoenwetter (1997), Howarth, Reid (2000), Hayashi *et al.* (2001), Baker Laporte *et al.* (2003), Berg (2004), Office of the Deputy Prime (2006), HHSRS worked examples (2007), Mahdavinejad, Mansoori (2012), Hashim, Dawal (2012) ir Lietuvos autorių Kaklauskas *et al.* (2012b) straipsnių analizė parodė, kad daugelis saugaus ir sveiko būsto kriterijų pritaikomi būtent konkrečiai analizuojamai šaliai. Kai kurie kriterijai ir jų svarba sutampa su kitų šalių nagrinėjamais kriterijais. Tačiau būsto saugumas ir sveikumas užtikrinamas efektyviau, kai analizuojami nagrinėjamos šalies ir užsienio šalių siūlomi kriterijai.

Užsienio mokslininkai nagrinėjo psichologinius veiksnius (Gago *et al.* 2015; Gonzalez *et al.* 2015; Kang *et al.* 2014; Brown *et al.* 2015), apsaugos nuo infekcijų reikalavimus (Ramli *et al.* 2014; Marais, Cloete 2014; Jacobs 2011) ir nelaimingų atsitikimų veiksnius (Keall *et al.* 2013, 2015; Ormandy 2014; Ramli *et al.* 2014), kurie gali turėti įtakos žmogaus sveikatai. Apibendrinta literatūros analizė pateikta 2.2 paveiksle.

Remiantis atlikta ekspertinių (Soyguder, Hasan 2009), sprendimų paramos (Körner, Van Straten 2008; Ahmed *et al.* 2011), intelektinių (Parker 2009; Wang, Gwilliam 2009) ir žinių (Matsumoto, Toyoda 1994) sistemų analize, saugaus ir sveiko būsto vertinimo kriterijų sistema remiasi Anglijos saugaus ir sveiko būsto vertinimo standartu (Office of the Deputy Prime 2006; HHSRS worked examples 2007), tačiau įvertina ir bazinius visuomenės sveikatos rizikos veiksnius (2.2 pav.).



2.2 pav. Saugaus ir sveiko būsto vertinimo sistemos pagrindimas, remiantis užsienio šalių patirtimi (sudarytas autorės)

Fig 2.2. Justification of housing health and safety valuation system based on foreign experience (created by the author)

Taigi, siekiant visapusiškai išnagrinėti būstą, būtina jį tirti remiantis baziniais visuomenės sveikatos rizikos veiksnių reikalavimais ir visuomenės sveikatos rizikos veiksnių vertinimu pagal užsienio šalių patirtį (2.1 lentelė).

2.1. lentelė. Saugaus ir sveiko būsto kriterijai, skirti mikroaplinkai vertinti (sudaryta autorės)

Table 2.1. Housing health and safety criteria for microenvironment analysis (created by the author)

I. Baziniai visuomenės sveikatos rizikos veiksniai	II. Visuomenės sveikatos rizikos veiksniai pagal užsienio šalių patirtį
1.1. Aplinkos triukšmas (Vilnius, Kaunas, Klaipėda, Panevėžys, Šiauliai) (4 kriterijų duomenų bazė).	2.1. Psichologiniai veiksniai: 1) perpildyta erdvė (10 kriterijų duomenų bazė); 2) išibrovėliai (10 kriterijų duomenų bazė); 3) apšvietimas (7 kriterijų duomenų bazė).
1.2. Aplinkos triukšmas (kituose miestuose ir gyvenvietėse) (5 kriterijų duomenų bazė).	2.2. Apsauga nuo infekcijų: 1) buities higiena, parazitai ir atliekos (20 kriterijų duomenų bazė); 2) maisto sauga (19 kriterijų duomenų bazė); 3) asmens higiena, sanitarinės sąlygos ir kanalizacija (31 kriterijaus duomenų bazė); 4) vandentiekis (8 kriterijų duomenų bazė).
1.3. Aplinkos ir patalpų oro kokybė (45 kriterijų duomenų bazė).	2.3. Apsauga nuo nelaimingų atsitikimų: 1) pavojus parkristi vonioje ir pan. (10 kriterijų duomenų bazė); 2) pavojus parkristi ant lygių paviršių ir pan. (13 kriterijų duomenų bazė); 3) pavojus nukristi nuo laiptų ir pan. (24 kriterijų duomenų bazė); 4) pavojus nukristi iš vieno lygio į kitą (13 kriterijų duomenų bazė); 5) elektros keliami pavojai (7 kriterijų duomenų bazė); 6) gaisras (18 kriterijų duomenų bazė); 7) liepsna, karšti paviršiai ir pan. (9 kriterijų duomenų bazė); 8) sutrenkimų ir suspaudimų pavojus (11 kriterijų duomenų bazė); 9) sproginiai (10 kriterijų duomenų bazė); 10) patogumų vieta ir funkcionavimas ir pan. (8 kriterijų duomenų bazė); 11) konstrukcijų griūtis ir krįstantys elementai (21 kriterijaus duomenų bazė).
1.4. Kvapai (1 kriterijaus duomenų bazė).	
1.5. Šiluminė saugaus ir sveiko būsto aplinkos (mikroklimato) kokybė (30 kriterijų duomenų bazė).	
1.6. Jonizuojančioji spinduliuotė (3 kriterijų duomenų bazė).	
1.7. Nejonizuojančioji spinduliuotė (3 kriterijų duomenų bazė).	

Baziniai visuomenės sveikatos rizikos veiksniai skirstomi į 7 grupes, o visuomenės sveikatos rizikos veiksniai pagal užsienio šalių patirtį skirstomi į 3 grupes: psichologiniai veiksniai, apsaugos nuo infekcijų veiksniai, apsaugos nuo nelaimingų atsitikimų veiksniai. Šių veiksnių vertinimas padeda nustatyti analizuojamo būsto sertifikavimo klasę, suteikia išsamią informaciją apie būstą.

2.2. Saugaus ir sveiko būsto daugiakriteriai analizei reikalingų pradinių duomenų paruošimas

Vienas pagrindinių saugaus ir sveiko būsto daugiakriterės analizės etapų – alternatyvas apibūdinančių kriterijų reikšmingumą ir svarbos nustatymas. Apskaičiuavus kriterijų reikšmingumus ir svarbą bei taikant daugiakriterės analizės metodus, nustatomi lyginamų būstų naudingumo laipsnis ir prioritetiškumas.

Naudojantis rekomendacijomis, kainynais, normatyvais, žinynais ir kitais informacijos šaltiniais, apskaičiuojamos kiekybinių kriterijų reikšmingumai. Kokybinių kriterijų svarba dažniausiai nustatoma remiantis ekspertiniais metodais.

Lyginamų būstų analizės rezultatai pateikiami sprendimų matricos pavidalu, kur stulpeliai išreiškia nagrinėjamas saugaus ir sveiko būsto alternatyvas (n), o eilutėse pateikiama kiekybinė ir koncepcinė informacija, išsamiai apibūdinanti nagrinėjamas alternatyvas. Saugaus ir sveiko būsto gyvavimo proceso alternatyvas aprašant kiekybine ir koncepcine formomis, pateikiama jo įvairius aspektus (ekonominis, techninis, technologinis, infrastruktūrinis, kokybinius (architektūriniai, estetiniai, komfortiniai), teisinius, socialinius) apibūdinanti informacija. Kiekybinė informacija apima kriterijų sistemas, matavimo vienetus, reikšmes ir svarbą, minimizuojantį ar maksimizuojantį kriterijų, informaciją apie alternatyvių variantų sudarymą. Aprašant būsto gyvavimo procesą koncepcine forma, tekstu, schemomis, grafikais, diagramomis, brėžiniais ir vaizdajuostėmis pateikiama koncepcinė informacija apie būstus ir juos išsamiai apibūdinančius kriterijus (jų aprašymas, priežastys ir pagrindimas, kuriais remiantis buvo nustatyta kriterijų sistema, reikšmės ir svarba, taip pat pateikiama informacija apie variantinio projektavimo galimybes). Koncepcinė informacija reikalinga norint išsamiau ir tiksliau įvertinti nagrinėjamas alternatyvas, t. y. ji padeda gauti ne tik išsamesnę informaciją, bet ir tiksliau sudaryti kriterijų sistemą bei nustatyti kriterijų reikšmes ir svarbą.

Sugrupuotoje sprendimų priėmimo matricoje kriterijai grupuojami į dvi grupes: kiekybinius ir kokybinius. Šiuo atveju lengviau atlikti variantų daugiakriterę analizę, taip pat geriau bus matoma skaičiavimų fizinė prasmė. Saugaus ir sveiko būsto daugiakriterės analizės metu dažniausiai operuojama didelės apimties informacija, todėl ją racionalu apdoroti matriciniu būdu (2.2 lentelė).

Šiuo atveju nagrinėjamos alternatyvos, jas apibūdinanti kiekybinė ir koncepcinė informacija grupuojamos tam tikra tvarka, t. y. paruošiama saugaus ir sveiko būsto gyvavimo proceso daugiakriterės analizės sugrupuota sprendimų priėmimo matrica.

2.2 lentelė. Saugaus ir sveiko būsto gyvavimo proceso daugiakriterės analizės sugrupuota sprendimų priėmimo matrica (sudaryta autorės, remiantis Kaklauskas 1999)
Table 2.2. Safe and healthy home lifecycle process multicriteria analysis group support system (created by the author according to Kaklauskas 1999)

Kiekybinė informacija, apibūdinanti saugų ir sveiką būstą									
Nagrinėjami kriterijai	*	Svarba	Mata- vimo viene- tai	Nagrinėjamos alternatyvos					
				1	2	...	j	...	n
X_1	\check{z}_1	q_1	m_1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1j}	...	x_{1n}
X_2	\check{z}_2	q_2	m_2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2j}	...	x_{2n}
...
X_i	\check{z}_i	q_i	m_i	x_{i1}	x_{i2}	...	x_{ij}	...	x_{in}
...
X_m	\check{z}_t	q_t	m_t	x_{t1}	x_{t2}	...	x_{tj}	...	x_{tn}
Konceptinė informacija, apibūdinanti saugų ir sveiką būstą (tekstas, brėžiniai, grafikai, vaizdajuostės)									
K_k	K_z	K_q	K_m	K_1	K_2	...	K_j	...	K_n

* Ženklas \check{z}_i (+ (-)) rodo, kad atitinkamai didesnė (mažesnė) kriterijaus reikšmė labiau atitinka užsakovo reikalavimus.

x_{in} – būstus apibūdinanti konceptinė informacija

Norint išrinkti efektyviausią būstą, reikia, sudarius sprendimų priėmimo matricą, atlikti saugaus ir sveiko būsto daugiakriterę analizę. Tai atliekama lyginant nagrinėjamų būstų kriterijų reikšmes ir svarbą analizuojant konceptinę informaciją. Nagrinėjamą saugaus ir sveiko būsto gyvavimo procesą galima apibūdinti tik remiantis daugelio skirtingą prasmę ir dimensijas turinčių kriterijų sistema.

Įvairių šalių mokslininkai, savo darbuose nagrinėdami daugiakriterės analizės metodus, neanalizavo saugaus ir sveiko būsto gyvavimo proceso, jame dalyvaujančių suinteresuotų grupių ir saugaus ir sveiko būsto efektyvumą veikiančios išorinės aplinkos kaip vienos visumos. Saugaus ir sveiko būsto daugiakriterių analizei atlikti buvo sukurtas naujas daugiakriterės analizės metodas ir pritaikyti jau esami metodai. Šie metodai toliau nagrinėjami.

2.3. Kriterijų reikšmingumų nustatymo metodai

Šiame poskyryje aprašomi du galimi reikšmingumų nustatymo metodai: ekspertų nuomonių suderinamumo vertinimas ir kompleksinis reikšmingumų nustatymo metodas.

2.3.1. Kriterijų reikšmingumą nustatymas, remiantis ekspertų nuomonių suderinamumo vertinimu

Dažniausiai kokybinių kriterijų reikšmės ir kriterijų svarba nustatomi remiantis ekspertiniais metodais.

Ekspertiniai vertinimai taikomi įvairių ūkio šakų tyrimuose, ne išimtis ir nekilnojamojo turto sritis. Ekspertiniais metodais nustatę kriterijų svarbą sužinome, kiek vienas kriterijus yra už kitą svarbesnis (Венделин 1977).

Ekspertiniams vertinimams reikalingos specialios ekspertinės žinios ir ekspertinis patyrimas, kurį turi tik nedidelis skaičius specialistų. Tyrimui atlikti pasirinkamas ekspertinis individualiojo vertinimo metodas – apklausa anketavimo būdu.

Pirmajame etape nustatomas ekspertų skaičius. Nustatant priimtina ekspertų skaičių, vadovujamasi metodologinėmis prielaidomis, suformuluotomis klasikinėje testų teorijoje, kurioje teigiama, kad agreguotų sprendimų patikimumą ir priimančių sprendimą (šiuo atveju ekspertų) skaičių sieja greitai gėstantis netiesinis ryšys (Baležentis, Žalimaitė 2011). Libby ir Blashfield (1978) straipsnyje „Performance of a composite as a function of a number of judges“ įrodė, kad nedidelės ekspertų grupės sprendimų tikslumas yra pakankamas agreguotų ekspertinių vertinimų moduliuose su vienodais svoriais.

Antrajame etape nustatoma tyrimo struktūra. Tyrime taikomi uždari klausimai ekspertams – atsakymų variantai vertinami penkių balų vertinimo skalėmis pagal pirmojo etapo rezultatus.

Trečiajame etape atliekama ekspertų atranka. Atrenkami keli ekspertai pagal tokius atrankos kriterijus: 1) užimamos pareigos; 2) universitetinis išsilavinimas; 3) darbo patirtis NT srityje (ne mažiau kaip treji metai); 4) publikacijos, pranešimai NT tematika (Baležentis, Žalimaitė 2011).

Ketvirtajame etape ekspertų komisija įvertina kriterijus. Ekspertai pagal santykinę skalę (pavyzdžiui, nuo 1 iki 5, 5 – „Labai svarbu“) kiekybiškai įvertina kriterijų svarbą. Atlikus ekspertų apklausą, gauti ekspertiniai įvertinimai apdorojami ir analizuojami rangavimo metodu. Remiantis šiuo metodu nustatomi kriterijų rangai (svarba). Atlikus apklausą, gauti t_{jk} ekspertiniai įvertinimai apdorojami statistiškai (2.3 lentelė).

Penktajame etape, įvertinus turimus ekspertų vertinimo rezultatus, nustatoma rangų suma pagal formulę (Венделин 1977):

$$t_j = \sum_{k=1}^{r_e} t_{jk}, \quad (2.1)$$

čia r_e – ekspertų skaičius; k – ekspertų autoriteto koeficientas; t_{jk} – eksperto atliktas j kriterijaus vertinimas.

2.3 lentelė. Ekspertų suteikti rangai vertinamiems kriterijams (sudaryta autorės remiantis Zavadskas, Kaklauskas 1996)

Table 2.3. Experts ranked indicators (created by the author according to Zavadskas, Kaklauskas 1996)

Ekspertas	Kriterijai				
	j_1	j_2	j_3	j_4	j_5
Ekspertas 1 (r_e)	t_{jk}	3	1	4	2
Ekspertas 2	5	4	2	1	3
Ekspertas 3	4	5	3	2	1
Ekspertas 4	5	4	3	1	2

Šeštajame etape nustatoma vidutinė kriterijaus įvertinimo reikšmė \bar{t}_j pagal šias formules:

$$\bar{t}_j = \frac{\sum_{k=1}^{r_e} \omega_k t_{jk}}{\sum_{k=1}^{r_e} \omega_k}; \quad (2.2)$$

$$\text{arba } \bar{t}_j = \frac{\sum_{k=1}^{r_e} t_{jk}}{r}, \quad (2.3)$$

čia ω_k – k eksperto autoriteto koeficientas; t_{jk} – eksperto atliktas j kriterijaus įvertinimas; r_e – ekspertų skaičius.

Septintajame etape nustatoma rangų suma pagal formulę:

$$S = \sum_{j=1}^n \bar{t}_j, \quad (2.4)$$

čia n – įvertinamų kriterijų skaičius.

Aštuntajame etape ekspertizės patikimumą galima išreikšti ekspertų nuomonių konkordancijos koeficientu. Ekspertų nuomonių vieningumas arba konkordancijos koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$W = \frac{12S}{r_e^2(n^3-n)}; \quad (2.5)$$

$$S = \sum_{j=1}^n \left[\sum_{k=1}^{r_e} t_{jk} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{r_e} t_{jk} \right]^2, \quad (2.6)$$

čia S – kiekvieno kriterijaus įvertinimo rezultatų nuokrypio kvadratų suma; t_{jk} – k eksperto j kriterijui priskiriamas rangas; r_e – ekspertų skaičius; n – įvertinamų kriterijų skaičius.

Kai ekspertas suteikia tuos pačius įvertinimus keliems kriterijams:

$$W = \frac{12S}{r_e^2(n^3-n) - r \sum_{k=1}^{r_e} T_k}; \quad (2.7)$$

$$T_k = \sum_{l=1}^{H_l} (h_l^3 - h_l), \quad (2.8)$$

čia T_k – k ranžiruotėje susijusių rangų rodiklis; H_l – lygių rangų grupių skaičius k ranžiruotėje; h_l – lygių rangų, l susijusių rangų grupėje, skaičius, įvertinant k ekspertui.

Devintajame etape konkordancijos koeficiento kriterijus nustatomas pagal formulę:

$$x^2 = \frac{12 \times S}{r_e \times n(n+1)}. \quad (2.9)$$

Jei S didesnis nei x_{lent}^2 (reikšmė priklauso nuo laisvės laipsnių skaičiaus ir nustatymo tikslumo lygio), ekspertų rangavimo paisoma. Jei $x^2 \leq x_{lent}^2$, manoma, kad ekspertų nuomonė nesuderinta (Zavadskas, Kaklauskas 1996).

2.3.2. Kompleksinis saugaus ir sveiko būsto kriterijų reikšmingumo nustatymo metodas

Ekspertiniais metodais ne visiškai tiksliai apskaičiuojama kiekybinių kriterijų (būsto kaina, įperkamumas ir t. t.) svarba.

Visų kriterijų reikšmingumai privalo būti tarpusavyje suderinti, atsižvelgiant į jų kiekybines ir kokybines charakteristikas, t. y. kriterijų reikšmės turi būti normalizuotos.

Saugaus ir sveiko būsto gyvavimo procesą apibūdinančių kiekybinių kriterijų svarba nustatoma 4 etapais (Kaklauskas 1999).

Pirmajame etape nustatoma kiekvieno kiekybinio kriterijaus reikšmių suma:

$$S_i = \sum_{j=1}^n x_{ij}, \quad i = \overline{1, t}; \quad j = \overline{1, n}, \quad (2.10)$$

čia x_{ij} – i kriterijaus reikšmė j sprendimo variantu; t – kiekybinių kriterijų skaičius; n – lyginamųjų variantų skaičius.

Antrajame etape kiekvienas kiekybinis kriterijus išreiškiamas sumine pinigine išraiška:

$$P_i = S_i \times p_i, \quad i = \overline{1, t}, \quad (2.11)$$

čia p_i – i kriterijaus svarba, p_i turi būti matuojamas tokiu matavimo vienetu, kad padauginę iš kiekybinio kriterijaus reikšmės gautume jai ekvivalentišką piniginę išraišką.

Vertinant kiekybinius kriterijus pagal jų poveikį saugiam ir sveikam būstui laiko požiūriu, santykiškai jie gali būti skirstomi į:

- vienkartinius, veikiančius saugų ir sveiką būstą apibrėžtą laiko tarpą;
- ilgalaikius, veikiančius saugų ir sveiką būstą visą jo gyvavimo laiką.

Ilgalaikių kriterijų (būsto eksploatavimo išlaidos, lėšos, skiriamos gamtos apsaugai ir t. t.) svarba priklauso nuo saugaus ir sveiko būsto atsipirkimo laiko ir nuo kriterijaus matavimo vieneto piniginių įvertinimo:

$$P_i = e_t \times f_i, \quad (2.12)$$

čia e_t – saugaus ir sveiko būsto atsipirkimo laikas; f_i – i kriterijaus matavimo vieneto piniginių įvertinimas.

Vienkartinių kriterijų (sklypo kaina, statybos trukmės įvertinimas) pradinė svarba lygi kriterijaus matavimo vieneto piniginiam įvertinimui:

$$P_i = f_i, \quad (2.13)$$

čia f_i – i kriterijaus matavimo vieneto piniginių įvertinimas.

Kiekybinio kriterijaus svarbos fizinė prasmė ta, kad ją padauginus iš kiekybinio kriterijaus reikšmės gaunama nagrinėjamo kriterijaus, skaičiuojamo visą saugaus ir sveiko būsto atsipirkimo laiką, piniginių išraiška (ekvivalentinė buvusiai natūrinei).

Trečiajame etape nustatoma visa kiekybinių kriterijų reikšmių, išreikštų pinigine išraiška, suma:

$$V = \sum_{i=1}^t P_i, \quad i = \overline{1, t}, \quad (2.14)$$

Ketvirtajame etape nustatoma saugų ir sveiką būstą apibūdinančių kiekybinių kriterijų svarba:

$$q_i = \frac{P_i}{V}, \quad i = \overline{1, t}, \quad (2.15)$$

Šiuo atveju kiekybinių kriterijų svarbos suma visada lygi vienetui:

$$\sum_{i=1}^t q_i = P_i. \quad (2.16)$$

Tuo remiantis galima patikrinti, ar gerai apskaičiuota kiekybinių kriterijų svarba.

Saugaus ir sveiko būsto gyvavimo procesą apibūdinančių kokybinių kriterijų svarba nustatoma 3 etapais (Kaklauskas 1999).

Pirmajame etape norint tarpusavyje visiškai suderinti kiekybinių ir kokybinių kriterijų svarbą, nustatomas lyginamasis etalonas E . Jis lygus bet kokių pasirinktų kiekybinių kriterijų svarbos sumai. Vienas pagrindinių reikalavimų, keliamų šiam etalonui, yra tas, kad jį būtų galima pagal naudingumą nesunkiai palyginti su visais kokybiniais kriterijais. Šis etalonas, pavyzdžiui, gali būti:

- saugaus ir sveiko būsto kaina;
- eksploatavimo išlaidos ir t. t.

Šiuo atveju visų kokybinių kriterijų svarba nustatoma lyginant jų teikiamą naudą su lyginamo etalono reikšmingumu E . E nustatomas pagal tokią formulę:

$$E = \sum_{z=1}^g q_z, \quad (2.17)$$

čia g – kiekybinių kriterijų, įeinančių į lyginamąjį etaloną, skaičius; q_z – kiekybinio kriterijaus, įeinančio į lyginamąjį etaloną, svarba.

Antrajame etape kokybinių kriterijų svarba v_i nustatoma ekspertiniais metodais, lyginant jų santykinę svarbą su pasirinktu lyginamojo etalono svarba E . Šiuo atveju kokybinių kriterijų santykinė svarba nustatoma procentais. Jeigu, pavyzdžiui, ekspertiniais metodais buvo nustatyta, kad pastato garso izoliacinės savybės sudarė 6,2 % lyginamojo etalono (pavyzdžiui, būsto kainos) svarbos, tai saugaus ir sveiko būsto garso izoliacinių savybių svarba $v = 6,2$ %.

Trečiajame etape nustatoma kokybinių kriterijų svarba:

$$q_i = \frac{V_i \times E}{100}, i = t + 1, \dots, m. \quad (2.18)$$

Taigi pateiktu metodu galima apskaičiuoti ir tarpusavyje maksimaliai suderinti kiekybinių ir kokybinių kriterijų svarbą, atsižvelgiant į jų kiekybines ir kokybines charakteristikas.

2.4. Daugiakriteriai sprendimų priėmimo metodai

2.4.1. Daugiakriteris kompleksinio proporcingo įvertinimo metodas saugaus ir sveiko būsto mikroaplinkos vertinimui

Saugaus ir sveiko būsto daugiakriterio kompleksinio proporcingo įvertinimo (angl. *Complex PROportional ASsessment*, toliau – COPRAS) metodu nagrinėjamų variantų prioritetiškumas ir reikšmingumas tiesiogiai ir proporcingai priklauso nuo alternatyvas adekvačiai apibūdinančių kriterijų sistemos, kriterijų reikšmių ir svarbos dydžių (Zavadskas *et al.* 1994; Kaklauskas 1999). Kriterijų sistema nustato, o kriterijų reikšmes ir svarbą apskaičiuoja ekspertai. Visą šią informaciją gali pakoreguoti suinteresuotos grupės (t. y. gyventojai, užsakovas, vartotojai ir pan.), atsižvelgdamos į savo siekiamus tikslus ir esamas galimybes. Todėl alternatyvų įvertinimo rezultatai išsamiai atspindi ekspertų ir suinteresuotų grupių bendrai pateiktus pradinius duomenis. Pradinių duomenų matrica pateikiama 2.4 lentelėje.

Nagrinėjamų alternatyvų prioritetiškumas ir reikšmingumas skaičiuojami ke-turiais etapais. Pirmajame etape remiantis pradinių duomenų matrica (2.4. lentelė) sudaroma įvertinta normalizuota sprendimų priėmimo matrica D (2.5 lentelė).

2.4 lentelė. Saugaus ir sveiko būsto daugiakriterės analizės pradiniai duomenys
Table 2.4. The original data of multicriteria analysis for housing health and safety

Kriterijai	Matavimo vienetai	*	Svarba	Saugaus ir sveiko būsto reikšmės					
				1	2	...	j	...	n
X_1	m_1	\check{z}_1	q_1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1j}	...	x_{1n}
X_2	m_2	\check{z}_2	q_2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2j}	...	x_{2n}
...
X_i	m_i	\check{z}_i	q_i	x_{i1}	x_{i2}	...	x_{ij}	...	x_{in}
...
X_m	m_m	\check{z}_m	q_m	x_{m1}	x_{m2}	...	x_{mj}	...	x_{mn}

* Ženklas \check{z}_i (+ (–)) rodo, kad atitinkamai didesnė (mažesnė) kriterijaus reikšmė labiau atitinka suinteresuotų asmenų poreikius

Šio etapo tikslas – iš lyginamų kriterijų gauti bedimensius įvertintus dydžius. Kai žinomi bedimensiai įvertinti dydžiai, galima palyginti visus skirtingų matavimo vienetų kriterijus. Tam taikoma tokia formulė:

$$d_{ij} = \frac{x_{ij} \times q_i}{\sum_{j=1}^n x_{ij}}, \quad i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}, \quad (2.19)$$

čia x_{ij} – i kriterijaus reikšmė j sprendimo variantu; m – kriterijų skaičius; n – vertinamų kriterijų skaičius; q_i – i kriterijaus svarba.

Kiekvieno kriterijaus x_i gautų bedimensių įvertintų reikšmių d_{ij} suma visada lygi šio kriterijaus svarbai q_i :

$$q_{ij} = \sum_{j=1}^n d_{ij}, \quad i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}, \quad (2.20)$$

Antrajame etape apskaičiuojamos j variantą apibūdinančių minimizuojančių (jų mažesnė reikšmė yra geresnė, pvz., netvarkingi dūmtraukiai, biocidų naudojimas). S_{-j} ir maksimizuojančių (jų didesnė reikšmė yra geresnė, pvz., anglies monoksido detektoriai, vėdinimo lygis) S_{+j} įvertintų normalizuotų kriterijų sumos. Jos apskaičiuojamos pagal formulę:

$$S_{+j} = \sum_{i=1}^m d_{+ij}, \quad S_{-j} = \sum_{i=1}^m d_{-ij}, \quad i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}. \quad (2.21)$$

Šiuo atveju S_{+j} (juo didesnis šis dydis, tuo labiau tenkinami saugaus ir sveiko būsto reikalavimai) ir S_{-j} (juo mažesnis šis dydis, tuo labiau tenkinami saugaus ir sveiko būsto reikalavimai) dydžiai išreiškia kiekvieno alternatyvaus saugaus ir sveiko būsto sveikumo ir saugumo lygį.

Bet kuriuo atveju visų alternatyvių būstų „plusų“ S_{+j} ir „minusų“ S_{-j} sumos visada yra atitinkamai lygios visoms maksimizuojančių ir minimizuojančių kriterijų svarbų sumoms:

$$S_+ = \sum_{j=1}^m S_{+j} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{+ij}; \quad (2.22)$$

$$S_- = \sum_{j=1}^m S_{-j} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{-ij}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}. \quad (2.23)$$

2.5 lentelė. Saugaus ir sveiko būsto daugiakriterės analizės rezultatai

Table 2.5. Housing health and safety multicriteria analysis results

Kriterijai	Matavimo vienetai	*	Svarba	Normalizuotos saugaus ir sveiko būsto skaitinės reikšmės (matrica D)					
				1	2	...	j	...	n
X_1	m_1	\check{z}_1	q_1	d_{11}	d_{12}	...	d_{1j}	...	d_{1n}
X_2	m_2	\check{z}_2	q_2	d_{21}	d_{22}	...	d_{2j}	...	d_{2n}
...
X_i	m_i	\check{z}_i	q_i	d_{i1}	d_{i2}	...	d_{ij}	...	d_{in}
...
X_m	m_m	\check{z}_m	q_m	d_{m1}	d_{m2}	...	d_{mj}	...	d_{mn}
Maksimizuojančių normalizuotų įvertintų kriterijų suma				S_{+1}	S_{+2}	...	S_{+j}	...	S_{+n}
Minimizuojančių normalizuotų įvertintų kriterijų suma				S_{-1}	S_{-2}	...	S_{-j}	...	S_{-n}
Saugaus ir sveiko būsto alternatyvos reikšmingumas				Q_1	Q_2	...	Q_j	...	Q_n
Saugaus ir sveiko būsto alternatyvos prioritetiškumas				Pr_1	Pr_2	...	Pr_j	...	Pr_n
Saugaus ir sveiko būsto naudingumo laipsnis				N_1	N_2	...	N_j	...	N_n

* Ženklas \check{z}_i (+ (-)) rodo, kad atitinkamai didesnė (mažesnė) kriterijaus reikšmė labiau atitinka suinteresuotų asmenų poreikius

Trečiajame etape nustatomas vertinamų kriterijų santykinis reikšmingumas remiantis juos apibūdinančiomis teigiamomis S_{+j} ir neigiamomis S_{-j} savybėmis. Kiekvieno saugaus ir sveiko būsto a_j santykinis reikšmingumas Q_j nustatomas pagal formulę:

$$Q_j = S_{+j} + \frac{S_{-min} \times \sum_{j=1}^n S_{-j}}{S_{-j} \sum_{j=1}^n \frac{S_{-min}}{S_{-j}}}, j = \overline{1, n}. \quad (2.24)$$

Ketvirtajame etape nustatomas būstų prioritetiškumas. Juo didesnis Q_j , tuo didesnis saugaus ir sveiko būsto efektyvumas.

Remiantis anksčiau nustatytu reikšmingumu, galima nustatyti saugaus ir sveiko būsto naudingumo laipsnį.

Saugaus ir sveiko būsto a_j reikšmingumas Q_j rodo saugaus ir sveiko būsto reikalavimų pasiekimo lygį. Saugiausio ir sveikiausio būsto reikšmingumas Q_{\max} visada bus didžiausias. Visų kitų likusių būstų reikšmingumai yra mažesni už Q_{\max} , t. y. visi saugaus ir sveiko būsto reikalavimai tenkinami blogiau negu saugiausio ir sveikiausio būsto atveju. Tačiau dažnai suinteresuotas grupes domina ne nagrinėjamų būstų reikšmingumas ir prioritetiškumas, bet tai, koks yra būstų naudingumo laipsnis. Kitaip sakant, suinteresuotas grupes labiausiai domina būstas, kuris geriausiai patenkins jų poreikius ir tikslus. Šio įvertinimo rezultatams išreikšti vartojama saugaus ir sveiko būsto naudingumo laipsnio sąvoka. Norint tiksliau įvertinti nagrinėjamų būstų gerąsias ir blogąsias savybes, jas palyginti su suinteresuotų grupių poreikiais ir tikslais, būtina nustatyti būstų naudingumo laipsnius. Būstų naudingumo laipsnis tiesiogiai priklauso nuo juos apibūdinančių kriterijų sistemos, reikšmių ir reikšmingumų. Pagal vieną būstą gauti geriausi baziniai visuomenės sveikatos rizikos veiksnių kriterijų ir visuomenės sveikatos rizikos veiksnių pagal užsienio šalių patirtį kriterijų vertinimai, o pagal kitą – prastesni. Tuomet atlikus būstų daugiakriterį įvertinimą bus gautas skirtingas jų reikšmingumas ir nagrinėjamų būstų naudingumo laipsniai bus skirtingi. Didėjant (mažėjant) nagrinėjamo saugaus ir sveiko būsto reikšmingumui, didėja (mažėja) ir jo naudingumo laipsnis.

Penktajame etape nustatomi būstų naudingumo laipsniai lyginami su saugiausiu ir sveikiausiu būstu. Tokiu atveju visi gauti nagrinėjamų būstų naudingumo laipsniai bus nuo 0 (blogiausias variantas) iki 100 % (saugiausias ir sveikiausias būstas). Taip bus lengviau vizualiai įvertinti būstų saugumą ir sveikumą.

Saugaus ir sveiko būsto a_j naudingumo laipsnis N_j nustatomas pagal tokią formulę:

$$N_j = (Q_j \div Q_{\max}) \times 100 \%, \quad (2.25)$$

čia Q_j ir Q_{\max} – būstų reikšmingumai, apskaičiuoti pagal 2.24 formulę.

Saugaus ir sveiko būsto a_j naudingumo laipsnis N_j išreiškia saugaus ir sveiko būsto reikalavimų pasiekimo lygį. Juo daugiau ir reikšmingesnių pasiekta tikslų, tuo didesnis saugaus ir sveiko būsto naudingumo laipsnis. Kadangi suinteresuotas grupes labiausiai domina, koku laipsniu nagrinėjami variantai yra vieni už kitus saugesni ir sveikesni, tai praktikoje išrenkant saugiausią ir sveikiausią būstą geriau vartoti saugaus ir sveiko būsto naudingumo, o ne reikšmingumo sąvoką. Saugaus ir sveiko būsto naudingumo laipsnis rodo saugaus ir sveiko būsto reikalavimų pasiekimo lygį.

Šis metodas bus taikomas mikro-, mezo-, makroaplinkų analizėms atlikti. Metodas yra pamatinis kitų metodų atžvilgiu.

2.4.2. Kriterijų optimizavimo metodas saugaus ir sveiko būsto makroaplinkos vertinimui

Investicinės vertės laipsnio įvertinimo (angl. *Degree of Project Utility and Investment Value Assessments along with Recommendations*, toliau – INVAR) metodu nagrinėjamų variantų prioritetiškumas ir reikšmingumas tiesiogiai ir proporcingai priklauso nuo alternatyvas adekvačiai apibūdinančių kriterijų sistemos, kriterijų reikšmių ir svarbos dydžių (Kaklauskas 2016). INVAR metodo 1–5 etapai yra tokie pat kaip ir COPRAS metodo (Zavadskas *et al.* 1994; Kaklauskas 1999). Tačiau INVAR metodo 6–10 etapuose sudaromos skaitmeninės rekomendacijos ir atliekamas kriterijų optimizavimas siekiant, kad nagrinėjamas objektas būtų vienodai konkurencingas, palyginti su kitomis lyginamosiomis alternatyvomis. Toliau šie etapai (6–10) trumpai aprašomi (Kaklauskas 2016).

Šeštajame etape atliekamas nagrinėjamo objekto a_j investicinės vertės $x_{1j \text{ cycle } e}$ skaičiavimas priartėjimo būdu. Problema – kokia turi būti nagrinėjamo objekto a_j rinkos vertė $x_{1j \text{ cycle } e}$, kad šis objektas būtų vienodai konkurencingas rinkoje su lyginamomis alternatyvomis (a_1 – a_n) (2.6 lentelė)?

2.6 lentelė. Grupinių sprendimų priėmimo matrica bet kurio kriterijaus x_{ij} reikšmei optimizuoti (Kaklauskas 2016)

Table 2.6. Grouped decision making matrix for the optimization of value x_{ij} for any criterion (Kaklauskas 2016)

Kriterijai, apibūdinantys alternatyvas	*	Svarba	Matavimo vnt.	Lyginamosios alternatyvos					
				a_1	a_2	...	a_j	...	a_n
X_1	\check{z}_1	q_1	m_1	x_{11}	x_{12}	...	$x_{1j \text{ cycle } e}$	...	x_{1n}
X_2	\check{z}_2	q_2	m_2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2j}	...	x_{2n}
X_3	\check{z}_3	q_3	m_3	x_{31}	x_{32}	...	x_{3j}	...	x_{3n}
...
X_i	\check{z}_i	q_i	m_i	x_{i1}	x_{i2}	...	$x_{ij \text{ cycle } e}$	...	x_{in}
...
X_m	\check{z}_m	q_m	m_m	x_{m1}	x_{m2}	...	x_{mj}	...	x_{mn}
N_{je}				N_{1e}	N_{2e}	...	N_{je}	...	N_{ne}
Konceptinė informacija apie lyginamąsias alternatyvas (pavyzdžiui, tekstas, grafikai, video, virtuali/papildyta realybė)									

* Ženklas \check{z}_i (+ (–)) parodo, kad atitinkamai didesnė (mažesnė) kriterijaus reikšmė labiau atitinka saugaus ir sveiko būsto makro-, mezo- ir mikrolygmens reikalavimus.

Jeigu $N_{je} > \sum_{j=1}^n N_j : n$, tai šio objekto a_j vertė $x_{1j \text{ cycle } e}$ (2.6 lentelė) tol mažinama 1 vienetu kvadratiniam metrui (pavyzdžiui, 1 Euro/m²) ir su gauta spren-

dimų priėmimų matrica atliekami skaičiavimai pagal COPRAS metodo 1–5 etapus, kol pasieksime tokią nelygybę $N_{je} < \sum_{j=1}^n N_j: n$. Tada paskutinė $x_{1j \text{ cycle } e}$ reikšmė (kol dar $N_{je} > \sum_{j=1}^n N_j: n$) prilyginama rinkos vertei:

$$x_{1j \text{ iv}} = x_{1j \text{ cycle } e}. \quad (2.26)$$

Jeigu $N_{je} < \sum_{j=1}^n N_j: n$, tai šio objekto a_j vertė $x_{1j \text{ cycle } e}$ (2.6 lentelė) tol didinama 1 vienetu kvadratiniam metru (pavyzdžiui, 1 Euro/m²) ir su gauta sprendimų priėmimų matrica atliekami skaičiavimai pagal COPRAS metodo 1–5 etapus, kol pasieksime tokią nelygybę $N_{je} > \sum_{j=1}^n N_j: n$. Tada paskutinė $x_{1j \text{ cycle } e}$ reikšmė (kol dar $N_{je} < \sum_{j=1}^n N_j: n$) prilyginama rinkos vertei (žr. (2.26) formulę).

Septintajame etape atliekamas bet kurio kriterijaus reikšmės x_{ij} optimizavimas. Norėdami optimizuoti bet kurio kriterijaus reikšmę x_{ij} , sprendimų priėmimo matricą pertvarkome taip, kad kriterijaus reikšmė $x_{ij \text{ opt}}$, kurią norime optimizuoti būtų x_{11} , t. y. $x_{ij \text{ opt}} = x_{11}$. Tada, siekiant nustatyti, kokiai alternatyvos a_1 optimizuotai reikšmei x_{11-R} esant, alternatyva a_1 būtų vienodai konkurecinga rinkoje, palyginti su kitomis lyginamomis alternatyvomis (a_2 – a_n), kompleksiskai įvertinus jų visų teigiamas ir neigiamas savybes, skaičiavimai atliekami pagal COPRAS metodo 1–5 etapus ir INVAR metodo 7 etapą.

Koreguota optimizuota kriterijaus reikšmė $x_{ij \text{ cycle } e}$ bet kurio kriterijaus reikšmės x_{ij} skaičiuojama pagal šias formules:

$$\begin{aligned} \text{Jeigu } N_{je} > \sum_{j=1}^n N_j: n \text{ ir } X_i \text{ yra } X_{i-}, \text{ tai } x_{ij \text{ cycle } e} &= x_{ij \text{ cycle } 0} \times \\ (1 + e \times r), e &= \overline{1, r}. \end{aligned} \quad (2.27)$$

$$\text{Jeigu } N_{je} > \sum_{j=1}^n N_j: n \text{ ir } X_i \text{ yra } X_{i+}, \text{ tai } x_{ij \text{ cycle } e} = x_{ij \text{ cycle } 0} \times (1 - e \times r), e = \overline{1, r}.$$

$$\begin{aligned} \text{Jeigu } N_{je} < \sum_{j=1}^n N_j: n \text{ ir } X_i \text{ yra } X_{i-}, \text{ tai } x_{ij \text{ cycle } e} &= x_{ij \text{ cycle } 0} \times \\ (1 - e \times r), e &= \overline{1, r}. \end{aligned} \quad (2.28)$$

$$\text{Jeigu } N_{je} < \sum_{j=1}^n N_j: n \text{ ir } X_i \text{ yra } X_{i+}, \text{ tai } x_{ij \text{ cycle } e} = x_{ij \text{ cycle } 0} \times (1 + e \times r), e = \overline{1, r}.$$

čia e – ciklų skaičius; r – dydis, kuriuo cikliniu būdu didinamas nagrinėjamo projekto kriterijus, kol bus patenkinta nelygybė (2.29). Priklausomai nuo reikiamo skaičiavimo tikslumo, sprendimų priėmėjas pats pasirenka r ir s dydžius.

Jeigu nagrinėjamo objekto a_x naudingumo laipsnis N_{je} yra didesnis už vidutinį lyginamų objektų naudingumo laipsnį (2.27 formulė), tai reiškia, kad objektas a_j yra vidutiniškai naudingesnis už lyginamus objektus. Tam, kad nagrinėjamas objektas būtų vienodai konkurecingas rinkoje, palyginti su kitomis lyginamosiomis alternatyvomis (a_2 – a_n), reikia jo nagrinėjamo kriterijaus reikšmę $x_{ij \text{ cycle } e}$ mažinti e ciklų dydžiu r tol, kol bus patenkinta ši nelygybė:

$$\left[|N_{je} - \sum_{j=1}^n N_{je} : n| \right] < s, \quad (2.29)$$

čia s – tikslumas (%), kuris turi būti pasiektas skaičiuojant kriterijaus reikšmę $x_{ij \text{ cycle } e}$.

Pavyzdžiui, jei $s = 0,5\%$, aproksimacijos skaičius bus mažesnis, kai $s = 0,1\%$. Jeigu (2.29) nelygybė nėra patenkinta, tai reiškia, kad kriterijaus reikšmės $x_{ij \text{ cycle } e}$ skaičiavimai nėra pakankamai tikslūs, todėl reikia kartoti aproksimacijos ciklą. Skaičiavimai pagal (2.26)–(2.29) formules kartojami, kol tenkinama nelygybė (2.29).

Kai nelygybė (2.29) yra patenkinta, bet kokiam objekto kriterijaus a_j optimizacinei vertei $x_{ij \text{ cycle } e}$ apskaičiuoti naudojama tokia formulė:

$$x_{ij \text{ opt value}} = x_{ij \text{ cycle } e}. \quad (2.30)$$

Aštuntajame etape atliekamas kiekybinių rekomendacijų skaičiavimas. Kiekybinės x_{ij} kriterijaus rekomendacijos i_{ij} parodo galimus kriterijaus x_i reikšmės pagerinimus procentine išraiška siekiant, kad kriterijus taptų lygus didžiausiai $x_{i \text{ max}}$ kriterijaus X_i reikšmei (2.7 lentelė). Skaičiavimams atlikti naudojama formulė:

$$i_{ij} = |x_{ij} - x_{i \text{ max}}| : x_{i \text{ max}} \times 100\%, \quad (2.31)$$

čia i_{ij} – kiekybinės x_{ij} kriterijaus rekomendacijos, rodančios galimus kriterijaus x_i reikšmės pagerinimus procentine išraiška, siekiant, kad kriterijus taptų lygus didžiausiai $x_{i \text{ max}}$ kriterijaus X_i reikšmei.

Devintajame etape atliekamas Kiekybinių rekomendacijų skaičiavimas. Kiekybinės x_{ij} kriterijaus rekomendacijos r_{ij} parodo galimą kriterijaus x_i naudingumo laipsnio N_j pagerinimą procentine išraiška, kai $x_{ij} = x_{i \text{ max}}$. Kiekybinės rekomendacijos r_{ij} parodo, kiek procentų galima padidinti alternatyvos a_j naudingumo laipsnį N_j , jeigu r kriterijaus reikšmė x_{ij} gali būti lygi geriausiai kriterijaus X_i reikšmei $x_{i \text{ max}}$. Skaičiuoti naudojama formulė:

$$r_{ij} = (q_i \times x_{i \text{ max}}) : (S_{-j} + S_{+j}) \times 100\% \quad (2.32)$$

Kiekybinės x_{ij} kriterijaus rekomendacijos i_{ij} ir kiekybinės rekomendacijos r_{ij} pateiktos matricos forma 2.7 lentelėje.

Dešimtajame etape atliekami aproksimacijos e ciklo skaičiavimai, siekiant nustatyti, kokia turi būti kriterijaus $x_{ij \text{ cycle } e}$ reikšmė, kad šis objektas (a_j) būtų geriausias pagal lyginamas alternatyvas (a_1 – a_n) (2.6 lentelė). Kriterijaus $x_{ij \text{ cycle } e}$ reikšmė mažinama dydžiu e tol, kol nagrinėjamo objekto (a_j) naudingumo laipsnis N_{je} yra lygus 100 %.

2.7 lentelė. Kokybinės ir kiekybinės rekomendacijos, pateiktos matricos forma (Kaklauskas 2016)

Table 2.7. Quantitative recommendations submitted in a matrix form (Kaklauskas 2016)

Kriterijai, apibūdinantys alternatyvas	*	Svarba	Mata- vimo vnt.	Lyginamosios alternatyvos					
				a_1	a_2	...	a_j	...	a_n
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X_1 Galimas kriterijaus reikšmės x_{1j} pagerinimas, kol kriterijus taps lygus didžiausiajai $x_{1 \max}$ kriterijaus X_1 reikšmei. Galimas alternatyvos a_j naudingumo laipsnio N_j pagerinimas, kai $x_{1j} = x_{1 \max}$	\check{z}_1	q_1	m_1 % %	x_{11} i_{11} r_{11}	x_{12} i_{12} r_{12}	...	x_{1j} i_{1j} r_{1j}	...	x_{1n} i_{1n} r_{1n}
X_2 Galimas kriterijaus reikšmės x_{2j} pagerinimas, kol kriterijus taps lygus didžiausiajai $x_{2 \max}$ kriterijaus X_2 reikšmei. Galimas alternatyvos a_j naudingumo laipsnio N_j pagerinimas, kai $x_{2j} = x_{2 \max}$	\check{z}_2	q_2	m_2 % %	x_{21} i_{21} r_{21}	x_{22} i_{22} r_{22}	...	x_{2j} i_{2j} r_{2j}	...	x_{2n} i_{2n} r_{2n}
...
X_i Galimas kriterijaus reikšmės x_{ij} pagerinimas, kol kriterijus taps lygus didžiausiajai $x_{i \max}$ kriterijaus X_i reikšmei. Galimas alternatyvos a_j naudingumo laipsnio N_j pagerinimas, kai $x_{ij} = x_{i \max}$	\check{z}_i	q_i	m_i % %	x_{i1} i_{i1} r_{i1}	x_{i2} i_{i2} r_{i2}	...	x_{ij} i_{ij} r_{ij}	...	x_{in} i_{in} r_{in}
...
X_m Galimas kriterijaus reikšmės x_{mj} pagerinimas, kol kriterijus taps lygus didžiausiajai $x_{m \max}$ kriterijaus X_m reikšmei. Galimas alternatyvos a_j naudingumo laipsnio N_j pagerinimas, kai $x_{mj} = x_{m \max}$	\check{z}_m	q_m	m_m % %	x_{m1} i_{m1} r_{m1}	x_{m2} i_{m2} r_{m2}	...	x_{mj} i_{mj} r_{mj}	...	x_{mn} i_{mn} r_{mn}

* Ženklas \check{z}_i (+ (-)) rodo, kad atitinkamai didesnė (mažesnė) kriterijaus reikšmė labiau atitinka suinteresuotų asmenų poreikius

INVAR metodas bus taikomas makroaplinkos analizei atlikti. INVAR metodas (Kaklauskas 2016) numato tiesioginę ir proporcingą analizuojamų alternatyvų reikšmės ir prioriteto priklausomybę nuo kriterijų sistemos, kuri tinkamai apibū-

dina alternatyvas šių kriterijų vertėmis ir svoriais. INVAR metodas papildo nagrinėjamų šalių ar miestų kriterijus naujomis funkcijomis: kiekybinių rekomendacijų teikimu; kriterijų optimizavimu atsižvelgiant į analizuojamoje srityje pasiektus kriterijus ir analizuojamų kriterijų reikšmių nustatymu, leidžiančiu analizuojamoms šalims ar miestams pakelti reitingą iki pageidaujamo lygio. INVAR metodas leidžia plačiau apžvelgti socialinius, aplinkos, ekonominius, politinius ir kultūrinius kontekstus, taip pat išsamiau išaiškinti pokyčius, kurie vyko analizuojamuose šalyse ar miestuose. INVAR metodas suteikia daugiau informacijos apie nagrinėjamus kriterijus laikui bėgant ir pateikia rekomendacijų nagrinėjamiems šalims ar miestams.

Atliktų tyrimų, taikant šį metodą, kriterijų sistema nuodugniau aptariama šios disertacijos trečiajame skyriuje.

2.4.3. Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto sektoriaus termometras saugaus ir sveiko būsto mezoaplinkos vertinimui

Būstą supa mezoaplinkos veiksniai, kurie gali kelti pavojų siekiant užtikrinti jo saugumą ir sveikumą. Esant nepalankiai šalies ekonominei situacijai (saugaus ir sveiko būsto krizei) kyla grėsmė, kad nebus užtikrintas būsto saugumas ir sveikumas. Todėl, norint išspręsti šią problemą, 2015 m. šios disertacijos autorė kartu su bendraautoriais sukūrė Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto sektoriaus termometrą (angl. *Construction and Real Estate Sector Thermometer*, toliau – CREST) bei paskelbė straipsnį žurnale „Land use policy“. Trečiame skyriuje pateikiama situacija, kurioje analizuojamas praktinis CREST metodo ir sistemos pritaikymas bei aprašoma sukurta rekomendacinė sistema, skirta Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto krizės kilimui identifikuoti.

Remiantis užsienio ir Lietuvos mokslininkų tyrimų rezultatais, Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto 2007–2012 metų konkurencingumo analizei atlikti ir CREST metodui bei sistemai sukurti buvo sudarytas 8 kokybinių ir kiekybinių kriterijų posistemis:

1. Kainos ir pajamų santykio kriterijų posistemis. Būsto kainos ir pajamų santykis yra objektyvus fundamentalus kriterijus, rodantis, kaip kinta vartotojo galimybė įsigyti būstą (Azbainis 2009).
2. Būsto išlaidų kriterijų posistemis. Vertinant būsto išlaidų kriterijų, patartina atkreipti dėmesį į paskolos būstui įsigyti, fiksuojant pradinę normą (namų ūkiui), palūkanų normos išlaidas, nes jos sudaro didelę būsto išlaidų dalį ir galimas kriterijus būtų vidutinio pirkėjo nominaliųjų palūkanų normų ir jo pajamų ryšys (Azbainis 2009).
3. Būsto pasiūlos kriterijų posistemis. Būsto pasiūlos kriterijų galima paašškinti šiuo modeliu: bankų palūkanų normos krinta ir taip padidina saugaus

ir sveiko būsto paklausą trumpuoju laikotarpiu, kai pasiūla ribota; tai pakelia kainas, didesnės kainos didina įmonių pelningumą ir tai privilioja kitas įmones į šią rinką, galiausiai padidėjusi pasiūla priveda prie kainų, pagrįstų statybų išlaidomis. Kuo lengviau padidinti pasiūlą, tuo panašiau, kad kainos pakilimas yra dalis burbulo (Azbainis 2009).

4. Pirkėjo lūkesčių dėl kainų kriterijų posistemis. Lūkesčiai formuoja vartotojų elgseną, ir visiškai natūralu, kad vartotojai, tikėdamiesi, kad būsto kainos augs, ir toliau perka jį didesnėmis kainomis. Rinkoje būna fundamentalių veiksmių, kurie turėtų sukelti kainas, tačiau lūkesčiai dėl veiksmių kartais būna nepagrįsti ir jie dar labiau padidina kainas nei patys veiksmiai. Apibendrinant lūkesčius teigiama, kad vartotojai tikisi, jog kainos toliau augs arba stabilizuosis daug aukštesnio lygio nei istoriniai duomenys ir kad investavimas net vidutinio laikotarpio (3–5 metų) perspektyvoje yra nerizikingas (Azbainis 2009).
5. Kreditų rinkos kriterijų posistemis. Kreditų rinkos pasikeitimai yra svarbūs kriterijų kainų pokyčiams analizuoti. Analizuojant būsto rinką reikia atsižvelgti, kaip kinta paskolų ir būsto vertės santykis. Kainų kilimo metu šis santykis turėtų mažėti augant vertei, tačiau jei jis nesikeičia, tai gali signalizuoti apie per lengvas skolinimosi sąlygas rinkoje. Dar vienas kreditų rinkos kriterijus galėtų būti tas, kad bankai pradeda liberaliau žiūrėti į skolininkų turto vertinimą (Azbainis 2009).
6. Nuomos ir būsto kainos kriterijų posistemis. Naudojant nuomos ir būsto kainos santykį daug lengviau nustatyti burbulo atsiradimą: nuomos ir būsto kainų augimas turėtų keistis panašiomis proporcijomis, nes kitu atveju tai reikš, kad susidarys būsto kainų burbulas (Azbainis 2009).
7. Pasaulio konkurencingumo kriterijų posistemis. Pasaulinis konkurencingumo sąrašas – pasaulio ekonomikos forumo pateikiama ataskaita apie įvairių pasaulio šalių ekonominį konkurencingumą. Leidžiamas nuo 1979 metų kasmet (Global Competitiveness Report 2014).
8. Makroekonominų kriterijų posistemis.

Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto sektoriaus kriterijų svarba nustatoma naudojant ekspertų vertinimo metodą, kurį sudaro 9 etapai. Tačiau siekiant nustatyti būsto krizės temperatūros laipsnį atliekami papildomi skaičiavimai, kurie aprašomi 10–14 etapuose. 10 etape atliekamas kriterijų nustatymas ir vertinimas, 11 etape – bendrą Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto pokyčių nustatymas, 12 etape – skaičiavimas remiantis COPRAS metodu, 13 etape – naudingumo laipsnio nustatymas, 14 etape – temperatūros skaičiavimas kiekvieniems analizuojamiems metams. Toliau šie etapai (1–14) trumpai aprašomi.

Kriterijų svarba nustatoma remiantis ekspertų vertinimo metodu, kuris detalai aprašytas šios disertacijos 2.3.1 poskyryje. 1–9 etapai šiuo atveju yra identiški. Skaičiavimai atliekami naudojantis (2.1)–(2.9) formulėmis.

Dešimtajame etape atliekamas kriterijų vertinimas. Atliekant daugiakriterę kainos ir pajamų santykio kriterijų posistemio analizę, alternatyvoms vertinti buvo pasirinkti trys kriterijai: butų įperkamumas (kiek galima įsigyti kv. m už vidutinį metinį darbo užmokestį) Vilniuje, būsto kainų indeksai, palyginti su indeksu 2010 m. baziniu laikotarpiu (2010 m. = 100) ir šalies ūkio darbuotojų vidutinio realaus mėnesinio darbo užmokesčio indeksai. Atliekant būsto išlaidų kriterijų posistemio analizę, alternatyvoms vertinti buvo pasirinktas vienas kriterijus: labai didelė išlaidų našta būstui išlaikyti namų ūkiams (didžiuosiuose miestuose). Būsto pasiūlos kriterijų posistemio alternatyvoms vertinti buvo pasirinkti du kriterijai: pastatytų butų skaičius Vilniuje, išduota leidimų gyvenamųjų pastatų statybai Vilniuje. Būsto pirkėjo lūkesčių dėl kainų kriterijaus posistemio alternatyvoms vertinti buvo pasirinktas vienas itin svarbus kriterijus, t. y. vartotojų pasitikėjimo rodiklis. Atliekant daugiakriterę kreditų rinkos kriterijų posistemio analizę, alternatyvoms vertinti buvo pasirinkti šie kriterijai: paskolos būstui įsigyti palūkanų norma fiksuojant pradinę normą (namų ūkiui) ir paskolos būstui įsigyti suma fiksuojant pradinę normą (namų ūkiui). Nuomos ir būsto kainos kriterijų posistemio alternatyvoms vertinti buvo pasirinkti du kriterijai: vidutinės butų kainos gyvenamuosiuose rajonuose (LTL/m², IV ketvirtis) Vilniuje, vidutinės butų nuomos kainos gyvenamuosiuose rajonuose (LTL/mėn., IV ketvirtis) Vilniuje. Atliekant daugiakriterę pasaulio konkurencingumo kriterijų posistemio analizę, alternatyvoms vertinti buvo pasirinkti šie kriterijai: infrastruktūra, makroekonomika, rinkos veiksmingumas, darbo rinkos veiksmingumas, finansų rinkos rafinuotumas, technologinis pasirengimas, verslo rafinuotumas, naujovės ir rinkos dydis. Visų šių kriterijų reikšmės buvo gautos iš Lietuvos statistikos duomenų bazių.

Vienuoliktame etape nustatomi bendri Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto pokyčiai. Šiame etape nustatoma Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto sektoriaus „temperatūra“ kiekvieniems analizuojamiems metams. Tokiu būdu gaunamas tikslesnis šių sektorių pokyčių vertinimas. Lietuvos statybos ir NT pokyčių temperatūra sutampa su pasiektais tikslais.

Taip pat šio sektoriaus temperatūra priklauso nuo mikro-, mezo-, makroaplinkos pokyčių. Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto rekomendacinio termometro rodmenys priklauso nuo daugelio veiksnių įtakos (žr. <http://iti.vgtu.lt/ilearning/simpletable.aspx?sistemid=622>). Šie rodmenys parodo, kada sektorius yra „sveikas“ ir kada „nesveikas“.

2.8 lentelė. Bendrų statybos ir nekilnojamojo turto pokyčių nustatymas (sudaryta autorės)

Table 2.8. Determining general construction and real estate trends (created by the author)

Kriterijai, apibūdinantys alternatyvas	*	Matavimo vienetai	Palyginti metai						
			2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1. Butų įperkamas (kiek galima įsigyti kv. m už vidutinį metinį darbo užmokestį) Vilniuje (R1) (2009 metai buvo neutralūs)	+	kv. m.	2,9 (-)	3,1 (-)	3,8 (-)	4,8 3(+) 3(-)	5,4 (+)	5,4 (+)	5,7 (+)
2. Saugaus ir sveiko būsto kainų indeksai, palyginti su indeksu 2010 m. baziniu laikotarpiu (2010 m. = 100) (R2) – 4 metai sėkmingesni ir 1 metai mažiau sėkmingi (2009 metai sėkmingi)	-	Indeksas	112,5 (-)	142,5 (-)	155 (-)	110 4(+)	100 (+)	110 (0)	114 (-)
3. Lietuvos metinis BVP (R3) (blogiausia situacija buvo 2009 m.)	+	Mln. Eur	23,7 (-)	27,8 (+)	32,3 (+)	26,7 1(+) 5(-)	27,4 (+)	30,8 (+)	32,8 (+)
4. Nedarbo lygis (R4)	-	Procentai	5,6 (+)	4,3 (+)	5,8 (+)	13,7 2(+) 4(-)	17,8 (-)	15,3 (-)	13,2 (+)
5. Šalies ūkio darbuotojų vidutinio realaus mėnesinio darbo užmokesčio indeksai (R5) (blogiausia situacija buvo 2009 metais)	+	Indeksas	111,4 (+)	116,3 (+)	110,3 (+)	92,8 1(+) 5(-)	95,1 (+)	91 (-)	99,3 (+)
Bendras CRE pokytis 2009 metais						11(+) 18(-)			

* Ženklas ž_i (+ (-)) rodo, kad atitinkamai didesnė (mažesnė) kriterijaus reikšmė labiau atitinka suinteresuotų asmenų poreikius

Rodmenys kinta priklausoma nuo mikro-, mezo-, makroaplinkos kriterijų pokyčių. Galima išskirti penkis svarbiausius kriterijus: R1 – butų įperkamumas (kiek galima įsigyti kv. m už vidutinį metinį darbo užmokestį) Vilniuje, R2 – būsto kainų indeksai, palyginti su indekso 2010 m. baziniu laikotarpiu (2010 m. = 100), R3 – Lietuvos metinis BVP, R4 – nedarbo lygis, R5 – šalies ūkio darbuotojų vidutinio realaus mėnesinio darbo užmokesčio indeksai. Šie kriterijai yra gana geri siekiant nustatyti bendrą sektoriaus tendenciją (2.8 lentelė). Lentelėje šie kriterijai analizuojami lyginant 2009 metus su trejų metų laikotarpiu prieš 2009 metus ir po 2009 metų. Būsto įperkamumo Lietuvoje situacija 2009 ($R1_{2009}=4,8$) metais buvo geresnė nei 2006 ($R1_{2006}=2,9$) metais, 2007 ($R1_{2007}=3,1$) ir 2008 ($R1_{2008}=3,8$) metais, bet blogesnė nei 2010 ($R1_{2010}=5,4$), 2011 ($R1_{2011}=5,4$) ir 2012 ($R1_{2012}=5,7$) metais.

Prastesnėms kriterijaus reikšmėms, lyginant su 2009 metų kriterijumi, suteikiamas minuso ženklas, o geresnėms – pliuso. Kai $R1_{2009}$ suteikiami trys pliusai ir trys minusai, tariama, kad šie metai yra neutralūs. Lietuvos būsto įperkamumo kriterijus buvo geresnis 2006–2008 metų laikotarpiu, bet prastesnis nei 2010–2012 metų laikotarpiu. Nedarbo lygis 2009 m. ($R4_{2009}$) yra gana neutralus (du pliusai ir keturi minusai), lyginant visų šešerių metų Lietuvos nedarbo lygį. Tačiau Lietuvos metinis BVP lygis 2009 m. ($R3_{2009}$) yra žemiau visų kitų kriterijų. $R3_{2009}$ gauna penkis minusus ir tik vieną pliusą. 2009 metai surenka 11 pliusų ir 18 minusų. Tai reiškia, kad vyrauja statybos ir nekilnojamojo turto sektoriaus vėsimo tendencija (2.8 lentelė).

Dvyliktas etapas sudarytas iš 2.3 poskyryje aprašomų keturių COPRAS metodo skaičiavimo etapų. Naudojamosi etapuose pateiktomis skaičiavimo formulėmis (2.18)–(2.24). Ieškomas $CREST_{metai}$ reikšmingumas ir prioritetiškumas. Gautas Q_j rodo statybos ir nekilnojamojo turto sektoriaus efektyvumo laipsnį – kuo didesnis Q_j , tuo didesnis yra $CREST_{metai}$ efektyvumas. Šiuo atveju, Q_{max} visada bus didžiausias. Visų likusių $CREST_{metai}$ konkurencingumas yra mažesnis, palyginti su efektyviausiu. Tai reiškia, kad visi suinteresuotų šalių poreikiai ir tikslai bus patenkinti šiek tiek mažiau, nei jie būtų patenkinti efektyviausiu $CREST_{metai}$ atveju (2.9. lentelė).

Tryliktajame etape nustatomas naudingumo laipsnio. $CREST_{metai}$ naudingumo laipsnis tiesiogiai priklauso nuo jį apibūdinančių kriterijų sistemos, reikšmių ir reikšmingumų. Jei pagal vieną $CREST_{metai}$ gauti geriausi rezultatai, o pagal kitą – prastesni, tai, atlikus $CREST_{metai}$ daugiakriterį įvertinimą, bus gautas skirtingas jų reikšmingumas ir nagrinėjamų naudingumo laipsniai bus skirtingi. Didėjant (mažėjant) $CREST_{metai}$ reikšmingumui, didėja (mažėja) ir jo naudingumo laipsnis.

Nustatomi $CREST_{metai}$ naudingumo laipsniai lyginami su efektyviausiu $CREST_{metai}$. Tokiu atveju visi gauti nagrinėjamų $CREST_{metai}$ naudingumo laipsniai bus nuo 0 (blogiausias variantas) iki 100 % (geriausias variantas). $CREST_{metai} a_j$

naudingumo laipsnis N_j nustatomas pagal (2.25) formulę, pateiktą 2.4.1 posky-
ryje.

2.9 lentelė. Statybos ir nekilnojamojo turto sektoriaus daugiakriterės analizės rezultatai
(sudaryta autorės)

Table 2.9. The multicriteria analysis results for construction and real estate sector
(created by the author)

Kriterijai, a- pibūdinantys $CREST_{metai}$	Matavimo vienetai	*	Svarba	Palygintos $CREST_{metai}$ alternatyvos					
				$CREST_{metai 1}$	$CREST_{metai 2}$	...	$CREST_{metai j}$	...	$CREST_{metai n}$
X_1	m_1	\check{z}_1	q_1	d_{11}	d_{12}	...	d_{1j}	...	d_{1n}
X_2	m_2	\check{z}_2	q_2	d_{21}	d_{22}	...	d_{2j}	...	d_{2n}
...
X_i	m_i	\check{z}_i	q_i	d_{i1}	d_{i2}	...	d_{ij}	...	d_{in}
...
X_m	m_m	\check{z}_m	q_m	d_{m1}	d_{m2}	...	d_{mj}	...	d_{mn}
Maksimizuojančių normalizuotų įvertintų kriterijų suma				S_{+1}	S_{+2}	...	S_{+j}	...	S_{+n}
Minimizuojančių normalizuotų įvertintų kri- terijų suma				S_{-1}	S_{-2}	...	S_{-j}	...	S_{-n}
$CREST_{metai}$ alternatyvos reikšmingumas				Q_1	Q_2	...	Q_j	...	Q_n
$CREST_{metai}$ alternatyvos prioritetiškumas				Pr_1	Pr_2	...	Pr_j	...	Pr_n
$CREST_{metai}$ naudingumo laipsnis				N_1	N_2	...	N_j	...	N_n
Temperatūra ($^{\circ}C$)				T_1	T_2	...	T_j	...	T_n

* Ženklas \check{z}_i (+ (-)) rodo, kad atitinkamai didesnė (mažesnė) kriterijaus reikšmė žymi konkurencin-
gesnę $CREST_{metai}$ alternatyvą.

Apskaičiavus naudingumo laipsnį galima nustatyti statybos ir NT rinkų tem-
peratūrą dviem etapais.

Keturioliktajame etape atliekamas temperatūros skaičiavimas kiekvieniems
analizuojamiems metams. Jei $CREST$ analizuojamais metais turi vėsimo tenden-
ciją, tuomet temperatūra skaičiuojama naudojant šią formulę:

$$T_j = 36,6^\circ + \left((100\% - N_j) : 200 \times 36,6^\circ \right), j = \overline{1, n}, \quad (2.33)$$

čia T_j – j metų CREST temperatūra; N_j – j metų naudingumo laipsnis; n – palygintų metų skaičius.

Jei CREST analizuojamais metais turi perkaitimo/burbulo tendenciją, tuomet temperatūra skaičiuojama naudojant šią formulę:

$$T_j = 36,6^\circ - \left((100\% - N_j) : 200 \times 36,6^\circ \right), j = \overline{1, n}, \quad (2.34)$$

čia T_j – j metų CREST temperatūra; N_j – j metų naudingumo laipsnis; n – palygintų metų skaičius.

Kaip ir žmogaus kūno temperatūrą matuojančių termometrų, taip ir šio mataavimo ribos kinta nuo 0 iki 50 laipsnių. Tačiau rekomenduojama temperatūros kintimo skalė svyruoja nuo $T_{\min} = 34,0^\circ$ iki $T_{\max} = 42,0^\circ$, reiškianti Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto pramonės aušinimą/perkaitinimą.

Pateikto metodo analizė leidžia teigti, kad jis gali būti lengvai taikomas vertinant CREST_{metai} konkurencingumą. Be to, leidžia formuluoti konkurencingumo kriterijų Q_j , kuris yra tiesiogiai proporcingas lyginamųjų kriterijų reikšmių x_{ij} ir svorių q_i santykiniam poveikiui, lemiančiam galutinį rezultatą. Šis metodas užtikrina, kad, remiantis vertinimu CREST_{metai}, naudingumo laipsnis ir temperatūra yra tiesiogiai proporcingi tinkamai aprašomiems sistemos kriterijams, jų reikšmėms ir svoriams.

2.4.4. Daugiakriteris objektų naudingumo laipsnio optimizavimo metodas saugaus ir sveiko būsto mezoaplinkos vertinimui

Remiantis daugiakriterės analizės metodais, Lietuvos ekonomikos būklė nagrinėjama metais vertinama atsižvelgiant į vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio dydį, rinkos konjunktūrą (būstų paklausa ir pasiūla, paskolų būstams palankumas ir t. t.), analizuojamus metus apibūdinančius kiekybinius (darbo užmokesčio dydis, vidutinės būstų kainos ir t. t.), kokybinius (pirkėjų lūkesčiai, spekuliacinis elgesys ir t. t.) ir teisinius (įvairūs apribojimai) kriterijus. Siekiant kiekybiškai aprašyti nagrinėjamus metus, remiantis minėtais kriterijais sudaroma kriterijų sistema, apskaičiuojamos kriterijų reikšmės ir reikšmingumai. Remiantis nustatyta kriterijų sistema, apskaičiuotomis kriterijų reikšmėmis ir reikšmingumais, nustatomas racionalus vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio dydis.

Vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio a_j reikšmingumas Q_j rodo suinteresuotų grupių tikslų ir poreikių pasiekimo lygį. Efektyviausių vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio reikšmingumas Q_{\max} visada bus didžiausias.

Visų kitų likusių vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio reikšmingumai yra mažesni už Q_{\max} , t. y. visų suinteresuotų grupių suminiai tikslai ir poreikiai tenkinami blogiau negu geriausių vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio atveju.

Norint tiksliau įvertinti vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio dydį, jį palyginti su kitais ekonominiais kriterijais, svarbu nustatyti vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio naudingumo laipsnius ir racionalų vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio dydį. Vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio naudingumo laipsnis tiesiogiai priklauso nuo juos apibūdinančių kriterijų sistemos, reikšmių ir reikšmingumų. Jei pagal vieną vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio dydį gauti geriausi rizikos ir infliacijos rodikliai, o pagal kitą – būsto įperkamumas, o atlikus vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio daugiakriterį įvertinimą gautas vienodas jų reikšmingumas, tai ir vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio naudingumo laipsniai yra vienodi. Didėjant (mažėjant) nagrinėjamų metų būsto kainos ir pajamų santykio reikšmingumui, didėja (mažėja) ir jo naudingumo laipsnis. Nustatomi vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio naudingumo laipsniai lyginami su racionaliausiu vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio dydžiu. Tokiu atveju visi gauti nagrinėjamų metų būsto kainos ir pajamų santykio naudingumo laipsniai bus nuo 0 (blogiausias variantas) iki 100 % (geriausias variantas). Taip bus lengviau vizualiai įvertinti vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio dydį.

Siekiant nustatyti, kokiam vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio dydžiui esant jis bus vienodai racionalus, kompleksiškai įvertinus nagrinėjamų metų būsto kainos ir pajamų santykio dydžius, buvo pasiūlytas daugiakriteris vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio naudingumo laipsnio ir dydžio nustatymo metodas.

Nagrinėjamų metų naudingumo laipsniai ir vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio dydžiai nustatomi septyniais etapais (Zavadskas *et al.* 2017a).

Pirmasis etapas sutampa su COPRAS metodo 5 etapu. Nagrinėjamų metų a_j naudingumo laipsnis N_j nustatomas pagal (2.25) formulę.

Metų a_j naudingumo laipsnis N_j išreiškia makroekonomikos lygį konkrečioms sąlygoms. Kuo geresni kriterijų duomenys, tuo didesnis nagrinėjamų metų naudingumo laipsnis.

Vertinamų metų naudingumo laipsnis rodo suinteresuotų grupių tikslų pasiekimo lygį. Todėl remiantis vertinamų metų naudingumo laipsniu galima nustatyti ir pagrįsti vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio dydį. Juo geresnės makroekonomikos sąlygos, tuo proporcingai didesnis vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio naudingumo laipsnis ir būsto kainos bei pajamų santykio dydis.

Nustačius vertinamų metų naudingumo laipsnius, galima nustatyti, koks vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio dydis būtų racionaliausias.

Antrajame etape apskaičiuojamas racionaliausias vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio a_j efektyvumo laipsnis E_{ji} . Jis parodo, kiek procentų geresnis (blogesnis) yra būsto kainos ir pajamų santykio a_j dydis, palyginti su vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio a_i dydžiu. E_{ji} nustatomas tarpusavyje lyginant nagrinėjamų metų naudingumo laipsnius:

$$E_{ij} = N_j - N_i, \tag{2.35}$$

čia E_{ji} – efektyvumo laipsnis; N_j – j metų naudingumo laipsnis; N_i – i metų naudingumo laipsnis

Gauti rezultatai pateikiami matricos pavidalu, kurioje aiškiai matyti vertinamų metų naudingumo skirtumai (2.10 lentelė).

2.10 lentelė. Vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio naudingumo laipsnių vidutinių nuokrypių skaičiavimas

Table 2.10. Calculation of average deviations of estimated year housing price and income ratio utility degree

Nagrinėjami metai	Vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio dydžio naudingumo skirtumas, palyginti su kitais vertinamų metų nedarbo dydžiais, %					Vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio a_j naudingumo laipsnio N_j vidutinis nuokrypis k_j , palyginti su kitais $(n-1)$ vertinamų metų nedarbo dydžiais, %
	a_1	a_2	a_3	a_i	a_n	
a_1	0	E_{12}	E_{13}	...	E_{1n}	k_1
a_2	E_{21}	0	E_{23}	...	E_{2n}	k_2
a_3	E_{31}	E_{32}	0	...	E_{3n}	k_3
...
a_j	E_{j1}	E_{j2}	E_{j3}	...	E_{jn}	k_j
...
a_n	E_{n1}	E_{n2}	E_{n3}	...	0	k_n

Trečiajame etape apskaičiuojamas vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio a_j naudingumo laipsnio N_j vidutinis nuokrypis k_j , lyginant jį su kitais $(n-1)$ vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio dydžiais:

$$k_j = \sum_{i=1}^n E_{ji} : (n - 1), \tag{2.36}$$

čia k_j – naudingumo laipsnio N_j vidutinis nuokrypis; E_{ji} – efektyvumo laipsnis; n – nagrinėjamų metų suma

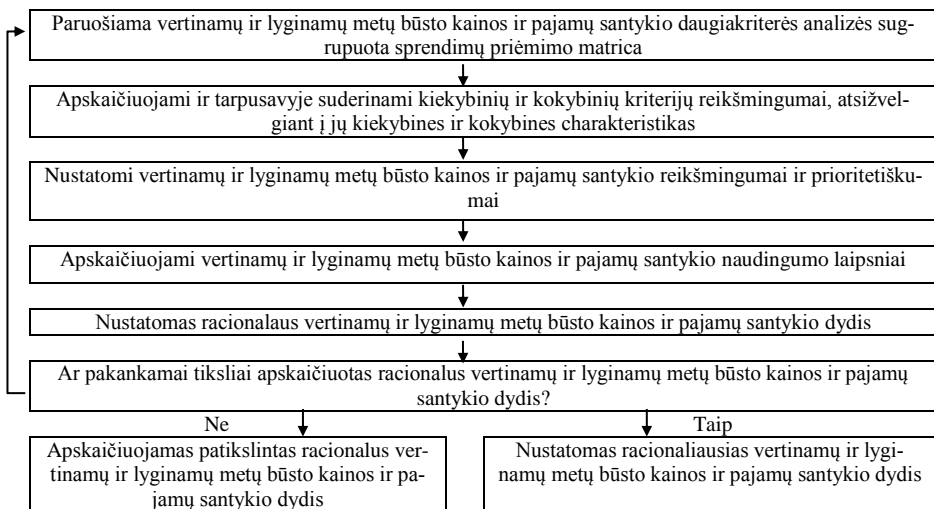
Ketvirtajame etape paruošiama vertinamų ir lyginamų metų būsto kainos ir pajamų santykio daugiakriterės analizės sugrupuota sprendimų priėmimo matrica.

Vertinamų ir lyginamų metų būsto kainos ir pajamų santykio racionalusis dydis skaičiuojamas remiantis sustambinta blokine schema, pateikta 2.3 paveiksle.

Iš pradžių sudaroma sugrupuota sprendimų priėmimo matrica (2.11 lentelė), kurioje pirmasis kriterijus yra vertinamų ir lyginamų metų būsto kainos ir pajamų santykio dydžiai. Vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio pradinis dydis nustatomas pagal tokią formulę:

$$x_{11} = \sum_{j=2}^n x_{1j} : (n - 1), \quad (2.37)$$

čia x_{11} – pradinis dydis; x_{1j} – n metų būsto kainos ir pajamų santykio dydis; n – vertinamų metų suma



2.3 pav. Racionaliausio vertinamų ir lyginamų metų būsto kainos ir pajamų santykio dydžio nustatymo sustambinta blokinė schema

Fig. 2.3. A block diagram of the most objective estimation and comparison of the year's housing price and income ratio

Šioje matricoje reikia nustatyti racionalų vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio a_1 dydį (x_{11-R}). Kitų lyginamųjų metų (a_2-a_n) būsto kainos ir pajamų santykio dydžiai ($x_{12}-x_{1n}$) yra žinomi. Taip pat žinomos visos kitos Lietuvos ekonomiką apibūdinančios kriterijų reikšmės ir svarba (2.13 lentelė).

Uždavinį galima formuluoti taip: nustatyti, koks vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio a_1 dydis būtų racionalus konkrečiomis makroekonomikos sąlygomis, palygti su lyginamaisiais metais (a_2-a_n), kompleksiskai įvertinus jų teigiamas ir neigiamas savybes.

Remiantis sugrupuota sprendimų priėmimo matrica (2.11 lentelė) ir (2.18)–(2.25) formulėmis, atliekami skaičiavimai.

Penktajame etape apskaičiuojama vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio a_1 dydžio patikslinta vertė x_{11-p} :

$$x_{11-p} = x_{11}(1 + k_1:100), \tag{2.38}$$

čia x_{11} – pradinis dydis; k_1 – naudingumo laipsnio N_j vidutinis nuokrypis.

2.11 lentelė. Vertinamų ir lyginamų metų būsto kainos ir pajamų santykio daugiakriterės analizės sugrupuota sprendimų priėmimo matrica

Table 2.11. The matrix of decision-making is grouped in a multi-criteria analysis of the estimated and comparable years of housing price and income ratio

Kriterijai, apibūdinantys nagrinėjamus metus	*	Reikšmingumas	Mataavimo vienetai	Analizuojami metai					
				a_1	a_2	...	a_j	...	a_n
1. Vertinamų (a_1) ir lyginamų (a_2-a_n) metų būsto kainos ir pajamų santykio dydžiai	\check{z}_1	q_1	m_1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1j}	...	x_{1n}
	\check{z}_2	q_2	m_2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2j}	...	x_{2n}

	\check{z}_i	q_i	m_i	x_{i1}	x_{i2}	...	x_{ij}	...	x_{in}
Kiekybiniai kriterijai	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	\check{z}_t	q_t	m_t	x_{t1}	x_{t2}	...	x_{tj}	...	x_{tn}
Kokybiniai kriterijai	\check{z}_{t+1}	q_{t+1}	m_{t+1}	x_{t+11}	x_{t+12}	...	x_{t+1j}	...	x_{t+1n}
	\check{z}_{t+2}	q_{t+2}	m_{t+2}	x_{t+21}	x_{t+22}	...	x_{t+2j}	...	x_{t+2n}

	\check{z}_i	q_i	m_i	x_{i1}	x_{i2}	...	x_{ij}	...	x_{in}

	\check{z}_m	q_m	m_m	x_{m1}	x_{m2}	...	x_{mj}	...	x_{mn}

* Ženklas \check{z}_i (+ (–)) rodo, kad atitinkamai didesnė (mažesnė) kriterijaus reikšmė labiau atitinka užsakovo reikalavimus.

Šeštajame etape nustatoma, ar pakankamai tiksliai apskaičiuotas vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio a_1 dydžio patikslinta vertė x_{11-p} :

$$|k_1| < s, \tag{2.39}$$

čia s – tikslumas procentais, kuriuo norima apskaičiuoti vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio a_1 dydį x_{11-R} . Pavyzdžiui, kai $s = 0,5 \%$, priartėjimo skaičiavimo ciklą bus mažiau, negu kai $s = 0,1 \%$.

Septintajame etape nustatomas vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio a_1 dydžis x_{11-R} . Jeigu 2.39 nelygybė tenkinama, tai vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio dydis nustatomas taip:

$$x_{11-R} = x_{11-p}, \quad (2.40)$$

čia x_{11-R} – racionalus dydis; x_{11-p} – patikslinta vertė.

Jeigu (2.39) nelygybė netenkinama, tai vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio dydis apskaičiuotas dar nepakankamu tikslumu ir priartėjimų ciklą reikia tęsti. Šiuo atveju patikslintas vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio dydis $x_{11} = x_{11-p}$ įstatomas į vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio daugiakriterės analizės sugrupuotą sprendimų priėmimo matricą ir visi skaičiavimai pagal (2.18)–(2.40) formules kartojami tol, kol bus patenkinta (2.39) nelygybė.

Siekiant nustatyti, kokiam vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio a_1 dydžiui x_{11-R} esant, jis būtų vienodai racionalus, palyginti su analizuojamų metų būsto kainos ir pajamų santykio dydžiais (a_2 – a_n), kompleksiškai įvertinus visų teigiamas ir neigiamas jų savybes, buvo pasiūlytas daugiakriteris vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio naudingumo laipsnio ir racionalaus būsto kainos ir pajamų santykio dydžio nustatymo metodas. Pagal jį apskaičiuotų nagrinėjamų metų būsto kainos ir pajamų santykio naudingumo laipsniai ir vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio dydžiai tiesiogiai ir proporcingai priklauso nuo juos adekvačiai apibūdinančių kriterijų sistemos, kriterijų reikšmių ir reikšmingumų dydžių. Remiantis šiomis formulėmis galima patikslinti ir kitų kriterijų vertes: nedarbo lygio, tikrosios palūkanų normos, nominaliosios palūkanų normos.

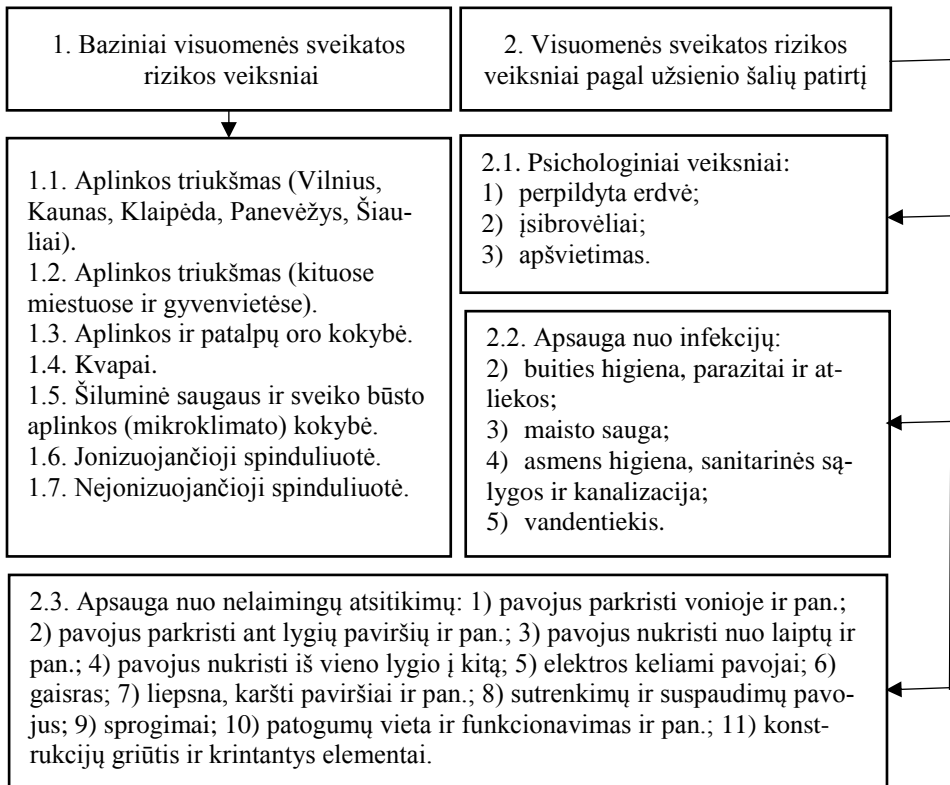
2.4.5. Saugaus ir sveiko būsto mikroaplinkos vertinimo analitinis metodas

Remiantis anksčiau atlikta pasauline saugaus ir sveiko būsto sistemų bei metodų (1.5 poskyris) analize ir 2.1.3 poskyryje parinktais kriterijais, buvo sukurtas saugaus ir sveiko būsto analitinis metodas. Metodas sukurtas atsižvelgiant į užsienio šalių patirtį (Anglijos saugaus ir sveikos būsto vertinimo standartus), Pasaulio sveikatos organizacijos rekomendacijas ir gyvenamosios aplinkos sveikatos rizikos veiksnių valdymo poreikius Lietuvoje. Taikant metodą atsižvelgiama į Lietuvos Respublikos teisinės ir praktinės veiklos ypatybes. Parengtas metodas remiasi geriausiais užsienio valstybių pavyzdžiais.

Metodas įvertina pagrindinių visuomenės sveikatos rizikos veiksnių (aplinkos oro kokybės, aplinkos triukšmo, nejonizuojančiosios spinduliuotės, patalpų

oro kokybės, kvapų, šiluminės saugaus ir sveiko būsto aplinkos (mikroklimato) kokybės) bei visuomenės sveikatos rizikos veiksnių pagal užsienio šalių patirtį (psichologiniai veiksniai, apsaugos nuo infekcijų veiksniai, apsaugos nuo nelaimingų atsitikimų veiksniai) įtaką sveikatai. Metodas trumpai aprašomas.

Kiekybinių ir kokybinių kriterijų nustatymas. Siekiant visapusiškai išnagrinėti būstą, dažnai būtina jį išnagrinėti remiantis fiziologiniais ir psichologiniais reikalavimais, apsaugos nuo infekcijų ir nelaimingų atsitikimų, ekonominiais ir teisiniais ir kitais aspektais. Atlikus užsienio autorių sukurtų standartų apžvalgą, buvo sudaryta duomenų bazė iš bazinių visuomenės sveikatos rizikos veiksnių bei visuomenės sveikatos rizikos veiksnių pagal užsienio šalių patirtį. Sukurtas metodas pritaikytas Lietuvos atvejui (2.4 pav.).



2.4 pav. Pagrindiniai saugaus ir sveiko būsto vertinimo kriterijai (sudaryta autorės)

Fig. 2.4. Basic criteria for housing health and safety assessment (created by the author)

Antrajame etape įvertinami kriterijai. Kriterijai vertinti remiantis Likerto 5 balų vertinimo sistema, kai 1 yra geriausias įvertinimas, o 5 – blogiausias, esant minimizuojančiam kriterijui, ir atvirkščiai – esant minimizuojančiam kriterijui.

Trečiajame etape atliekamas daugiakriterės analizės metodų pritaikymas, siekiant atlikti saugaus ir sveiko būsto gyvavimo proceso ir jo sudėtinių dalių variančinį projektavimą, nustatyti sudarytų alternatyvų prioritetiškumą, nustatyti naudingumo laipsnį, kuris įvertintų saugaus ir sveiko būsto sveikumo laipsnį lyginant su kitais būstais. Šiame etape taikomi COPRAS metodo 1–5 etapai (2.18–2.25 formulės).

Bazinių visuomenės sveikatos rizikos veiksnių bei visuomenės sveikatos rizikos veiksnių pagal užsienio šalių patirtį vertinimas bei būsto saugumo ir sveikumo lygio (sertifikavimo klasės nustatymas) nustatymas atliekamas 4 etapais.

Pirmajame etape nustatoma kriterijų svarba. Kriterijų svarbą nustato būstu suinteresuoti žmonės pagal subjektyvų vertinimą, atsižvelgdami į ekspertų nuomonę, darydami prielaidą, kad suinterasuotas asmuo, pats atlikdamas daugiakriterę saugaus ir sveiko būsto analizę, geriausiai gali nuspręsti, kuris kriterijus vertinimui jam yra reikšmingesnis.

Ketvirtajame etape nustatoma būsto sertifikavimo klasė. Remiantis COPRAS metodu apskaičiuotu naudingumo laipsniu, vertinamasis būstas priskiriamas sveikumo klasei, nustatytai remiantis higienos normomis ir STR reikalavimais:

- A klasei, jei naudingumo laipsnis yra 91–100 %. Reikalavimai tenkinami labai gerai;
- B klasei, jei naudingumo laipsnis yra 81–90 %. Reikalavimai tenkinami gerai;
- C klasei, jei naudingumo laipsnis yra 71–80 %. Reikalavimai tenkinami vidutiniškai;
- D klasei, jei naudingumo laipsnis yra 61–70 %. Reikalavimai tenkinami patenkinamai;
- E klasei, jei naudingumo laipsnis yra 0–60 %. Reikalavimai neatitinka sveiko ir saugaus būsto reikalavimų.

Remiantis aprašytu metodu sudaryta saugaus ir sveiko būsto analitinė-rekomendacinė sistema, kuri nuodugniai aprašoma trečiajame skyriuje.

2.5. Didžiųjų duomenų statistinės analizės metodas LOGIT

Siekiant nustatyti saugaus ir sveiko būsto mikro-, mezo-, makroaplinkų analizės poreikį, taikomas didžiųjų duomenų statistinės analizės metodas LOGIT.

Ranginė logistinė regresija dar vadinama daugialyge logistine regresija arba proporcingų galimybių (angl. *proportional odds*) modeliu. Tarkime, kad stebime kintamuosius X , Z , W ir nuo jų priklausantį ranginį kintamąjį Y . Ranginis kintamasis – tai toks kintamasis, kuriame kažkokio požymio atžvilgiu nusakome, kas jo turi daugiau. Pavyzdžiui, kintamasis, kurio galimi atsakymai yra labai dažnai–dažnai–nedažnai–niekada, yra ranginis, o kintamasis baltas–žydras–dviejų metrų nėra ranginis. Kintamasis Y vadinamas priklausomu (arba regresuojamu) kintamuoju, kintamieji X , Z , W vadinami nepriklausomais kintamaisiais, arba regresoriais (Čekanavičius 2013).

Ranginės logistinės regresinės analizės matematinis modelis aprašomas keliomis lygtimis. Nors kintamojo Y reikšmės gali būti ir simbolinės, paprasčiau, kai jos yra skaitinės. Tarkime, kad Y priklauso nuo intervalinių arba dvireikšmių regresorių X , Z , W . Sudaromi trys matematiniai modeliai priklausomo kintamojo tikimybių santykių logaritmams (logit funkcijoms) (Čekanavičius 2013):

$$\ln \frac{P(Y \leq 1)}{P(Y > 1)} = C_1 - b_1 X - b_2 Z - b_3 W, \quad (2.41)$$

$$\ln \frac{P(Y \leq 2)}{P(Y > 2)} = C_2 - b_1 X - b_2 Z - b_3 W, \quad (2.42)$$

$$\ln \frac{P(Y \leq 3)}{P(Y > 3)} = C_3 - b_1 X - b_2 Z - b_3 W. \quad (2.43)$$

Konstantos C_1 , C_2 , C_3 , b_1 , b_2 , b_3 nėra žinomos. Jų įverčiai \widehat{C}_1 , \widehat{C}_2 , \widehat{C}_3 , \widehat{b}_1 , \widehat{b}_2 , \widehat{b}_3 gaunami panaudojus imties duomenis. Atkreipiame dėmesį, kad visose lygtyse daugikliai prie regresorių b_1 , b_2 , b_3 yra tie patys, o skiriasi tik konstantos C_1 , C_2 , C_3 . Be to, kiek neįprastai prieš regresorius yra minuso ženklai (Čekanavičius 2013).

Atkreipiame dėmesį į tai, kad $P(Y > i) = 1 - P(Y \leq i)$. Todėl, naudojantis aprašytaisiais modeliais, nesunku rasti $P(Y \leq i)$. Konkrečioms X , Z , W reikšmėms tai daroma taip: surandame tikimybių santykių logaritmus z_1 , z_2 , z_3 ir konkrečios jų reikšmės randamos pagal formules (Čekanavičius 2013):

$$z_1 = \widehat{C}_1 - \widehat{b}_1 X - \widehat{b}_2 Z - \widehat{b}_3 W, \quad (2.44)$$

$$z_2 = \widehat{C}_2 - \widehat{b}_1 X - \widehat{b}_2 Z - \widehat{b}_3 W, \quad (2.45)$$

$$z_3 = \widehat{C}_3 - \widehat{b}_1 X - \widehat{b}_2 Z - \widehat{b}_3 W. \quad (2.46)$$

Modelio koeficientai C_1 , C_2 , C_3 , b_1 , b_2 , b_3 naudojami prognozuoti, galimybių santykiams ir kintamųjų įtakai interpretuoti.

Teigiamas kintamojo koeficientas rodo, kad, šiam kintamajam didėjant, didėja ir tikimybė, kad Y įgis didesnes reikšmes. Neigiamas kintamojo koeficientas rodo, kad šiam kintamajam didėjant, tikimybė, kad Y įgis didesnes reikšmes, mažėja.

Analogiškai dvinarei logistinei regresijai galima apibrėžti galimybę (angl. *odds*), t. y. tikimybių santykį $P(Y \leq j)/P(Y > j)$. Žinoma, galima apibrėžti ir atvirkščią galimybę.

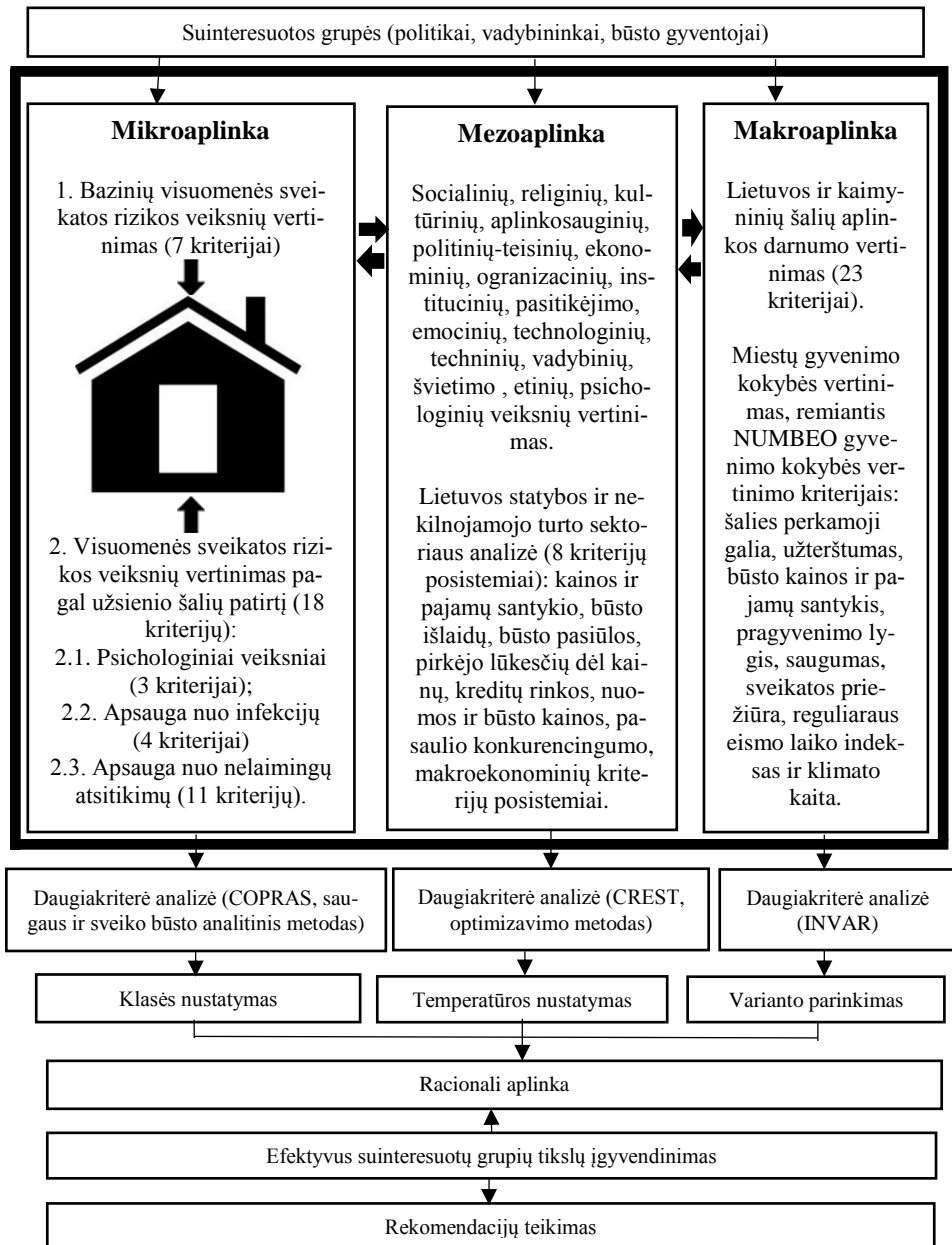
Šis metodas leidžia nustatyti, ar būstas veikia žmogaus emocijas, sveikatos būklę, naudojant įvairius duomenis: vaizdo įrašų, balso įrašų, biometrinius, žmogaus ir aplinkos temperatūros duomenis. Išanalizavus didžiuosius duomenis LOGIT metodu, galima patvirtinti arba paneigti hipotezę, jog blogos gyvenimo sąlygos būste neigiamai veikia žmogaus sveikatą.

2.6. Saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų vertinimo mikro-, mezo- ir makroaplinkose modelis

Nagrinėjama problema – neigiamas būsto poveikis žmogui, kurį spęstų sukurtą integruota saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinė-rekomendacinė sistema, sudaryta iš mikro-, mezo- ir makroaplinkos veiksnių. Mikroaplinkos veiksniai yra susiję su pačiu būstu. Būstą veikiantys mezoaplinkos veiksniai yra socialiniai, kultūriniai, aplinkosauginiai, politiniai-teisiniai, ekonominiai ir kt. bei Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto sektoriaus veiksniai. Makroaplinkos veiksniai, susiję su Lietuvos ir kaimyninių šalių nacionalinio aplinkos darnumo bei Vilniaus ir kitų Europos miestų gyvenimo kokybės vertinimu. Visi šie veiksniai yra tiesiogiai ar netiesiogiai susiję vieni su kitais ir yra veikiami grįžtamojo ryšio (2.5 pav.). Vadinasi, suinteresuotos grupės (t. y. politikai, vadybininkai, būsto gyventojai) veikia būstą, jo kūrimą, o būstas veikia suinteresuotas grupes. Todėl svarbu panagrinėti šiuos veiksnius nuodugniau.

2.5 paveiksle pateikiamas saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų koncepcinis vertinimo modelis. Mikroaplinkoje vaizduojamas būstas, kurio saugumas ir sveikumas vertinamas pagal bazinius visuomenės sveikatos rizikos veiksnius ir užsienio šalių patirties veiksnius. Atliekant bazinį visuomenės sveikatos rizikos veiksnių vertinimą, įvertinami šie pagrindiniai visuomenės sveikatos rizikos veiksniai: aplinkos oro, įskaitant kvapus, kokybę, aplinkos triukšmo, nejonizuojančiosios spinduliuotės, patalpų oro kokybę, šiluminės būsto aplinkos (mikroklimato) kokybę, tarp jų drėgmė, oro apykaita ir pelėšiai.

Atliekant visuomenės sveikatos rizikos veiksnių vertinimą pagal užsienio šalių patirtį, įvertinami šie pagrindiniai veiksniai: psichologiniai, apsauga nuo infekcijų, apsauga nuo nelaimingų atsitikimų. Vertinimui siūloma taikyti COPRAS ir saugaus ir sveiko būsto analitinį metodą.



2.5 pav. Saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų koncepcinis vertinimo modelis (sudaryta autorės)

Fig. 2.5. The conceptual big data assessment model for housing health and safety (created by the author)

Analizuojant šiuos veiksnius kyla poreikis plačiau aptarti nekilnojamojo turto sektoriaus būklę, kurią lemia šių veiksnių pokyčiai. Juos bei statybos ir nekilnojamojo turto sektoriaus krizės procesą veikia makroaplinkos pokyčiai. Vertinimui siūloma taikyti CREST ir daugiakriterių objektų naudingumo laipsnio optimizavimo metodą.

Makroaplinkoje analizuojamas Lietuvos ir kaimyninių šalių nacionalinis aplinkos darnumo vystymasis, remiantis 23 kriterijų matrica, bei Vilniaus ir kitų Europos miestų gyvenimo kokybė, remiantis NUMBEO gyvenimo kokybės vertinimo kriterijais: šalies perkamoji galia, užterštumas, būsto kainos ir pajamų santykis, pragyvenimo lygis, saugumas, sveikatos priežiūra, reguliaraus eismo laiko indeksas ir klimato kaita. Vertinimui siūloma taikyti INVAR metodą.

Visas analizuojamas aplinkas veikia suinteresuotos grupės (politikai, vadybininkai, būsto gyventojai). Pavyzdžiui, Lietuvos politikai ir teisininkai dažnai vadovaujasi gerąja užsienio šalių praktika. Taip pat dažnai keičiasi visuomenės požiūris į būsto saugumo ir sveikumo suvokimą, kurį lemia labiau išsivysčiusių šalių praktika. Šie veiksniai ir jų analizė yra svarbi siekiant suinteresuotiems asmenims padėti kurti, valdyti saugų ir sveiką būstą, priimti sprendimus, susijusius su saugiu ir sveiku būstu.

Veiksnių analizės rezultatai, rekomendacinės sistemos ir makroaplinkos analizės rezultatų integravimas leis sukurti integruotą BDHOSS sistemą, padėsiančią greičiau ir efektyviau priimti su būsto gyvavimo ciklu susijusius sprendimus.

2.7. Antrojo skyriaus išvados

1. Atlikus išsamią analizę, sudarytos saugaus ir sveiko didžiųjų duomenų kriterijų matricos, leidžiančios jį vertinti makro-, mezo- ir mikroaplinkose. Makroaplinkai vertinti siūloma paisyti Lietuvos ir kaimyninių šalių aplinkos darnumo indeksų, Vilniaus ir kitų Europos miestų gyvenimo kokybės lygiui įvertinti siūloma taikyti Numbeo miestų gyvenimo kokybės indeksą. Mezoaplinkai vertinti sudaryta Lietuvos statybos ir NT sektoriaus kriterijų matrica. Mikrolygmeniu siūloma taikyti kriterijų matricą, sudarytą iš bazinių visuomenės sveikatos rizikos veiksnių ir visuomenės sveikatos rizikos veiksnių pagal užsienio šalių patirtį.
2. Saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų kriterijų reikšmingumui nustatyti siūloma taikyti ekspertų nuomonių suderinamumo vertinimą arba kompleksinį saugaus ir sveiko būsto kriterijų reikšmingumo nustatymo metodą, atsižvelgiant į jų kokybines ir kiekybines charakteristikas.
3. Sukurtas saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų makro-, mezo-, mikroaplinkų koncepcinis vertinimo modelis:

- 3.1. Saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų makroaplinkos analizei atlikti, t. y. Lietuvos ir kaimyninių šalių nacionaliniam aplinkos darnumui bei Vilniaus ir kitų Europos miestų gyvenimo kokybės lygiui vertinti, siūloma taikyti INVAR metodą.
- 3.2. Saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų mezoaplinkos analizei atlikti siūloma taikyti daugiakriterį objektų naudingumo laipsnio optimizavimo metodą svarbiausių Lietuvos ekonominių kriterijų: būsto kainos ir pajamų santykio, nedarbo lygio, tikrosios palūkanų normos, nominalios palūkanų normos – vertinimui atlikti. Taip pat sukurtas CREST analitinis-rekomendacinis metodas, kuris nustato saugaus ir sveiko būsto rinkos „Sveikatingumo lygį“ bei gali būti lengvai taikomas vertinant analizuojamų metų konkurencingumą.
- 3.3. Saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų mikroaplinkos analizei atlikti siūloma pritaikyti COPRAS bei saugaus ir sveiko būsto analinį metodą, kuris padeda nustatyti saugaus ir sveiko būsto sveikumo laipsnį. Būsto poveikio žmogui prognozėms nustatyti siūloma taikyti didžiųjų duomenų statistinės analizės metodą LOGIT. Remiantis gautais rezultatais kuriama rekomendacinė sistema, kuri suinteresuotiems asmenims padėtų bendromis pastangomis racionaliai valdyti būstą.
4. Sukurtas CREST analitinis-rekomendacinis metodas pateikia asmeninių rekomendacijų politikams ir socialiniams partneriams. Sukurtas personalizuotų rekomendacijų pateikimo modelis leidžia saugaus ir sveiko būsto rinkos dalyviams (klientams, nuomininkams, vyriausybės pareigūnams, finansų įstaigoms, draudimo įmonėms, nekilnojamojo turto sektoriuje veikiančioms įmonėms, kūrėjams, investuotojams) prisidėti prie veiksmingos bei prieinamos saugaus ir sveiko būsto rinkos kūrimo.
5. Remiantis INVAR, CREST, COPRAS, LOGIT, saugaus ir sveiko būsto analitiniais metodais sukurta integruota saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinė-rekomendacinė sistema, skirta esamai situacijai įvertinti, Lietuvos ir kaimyninių šalių aplinkos darnumui įvertinti, Vilniaus ir kitų Europos miestų gyvenimo kokybės lygiui, Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto sektoriaus galimybėms nustatyti ir rekomendacijoms pateikti, saugaus ir sveiko būsto saugumo ir sveikumo lygiui įvertinti bei pateikti rekomendacijas.

3

Saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų vertinimo empirinių tyrimų rezultatai

Visi žmonės vienu ar kitu būdu yra suinteresuoti, kad būtų užtikrintas būsto saugumas ir sveikumas. Visame pasaulyje analizuojamos problemos, susijusios su būstais ir jų statyba. Kuriamos naujos technologijos, leidžiami norminiai aktai, suteikiami sertifikatai, renovuojami statiniai ir pan., kurie leidžia sumažinti neigiamą būstų poveikį gyventojams ir aplinkai. Visgi dar nėra sukurtos bendros sistemos, kuri padėtų suinteresuotoms grupėms veiksmingai priimti su saugaus ir sveiko būsto valdymu susijusius sprendimus. Šiame skyriuje atlikta saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų mikro-, mezo-, makroaplinkose daugiakriterė analizė pagal antrajame skyriuje parinktus kriterijus ir metodus bei sukurta integruota saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinė-rekomendacinė sistema. Analizė atliekama makroaplikos (analizuojamas Lietuvos ir kaimyninių šalių aplinkos darnumas, Vilniaus ir kitų Europos miestų gyvenimo kokybė), mezoaplinkos (analizuojamas Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto sektorius, optimizuojami svarbiausi ekonominiai rodikliai) ir mikroaplinkos (analizuojamas saugus ir sveikas būstas, aplinkos užterštumas, prognozuojamas būsto poveikis žmogaus sveikatai) lygmenims. Sukurta saugaus ir sveiko būsto daugiakriterė vertinimo sprendimų paramos ir rekomendacijų sistema, skirta būsto sveikumo klasei

įvertinti ir rekomendacijoms teikti, kaip pagerinti gyvenimo sąlygas pagal Lietuvos ir užsienio šalių patirties kriterijus. Sukurta būsto krizės analitinė-rekomendacinė sistema, energijos taupymo bendrabučiuose rekomendacinė sistema, aplinkos užterštumo pagal adresą rekomendacinė sistema. Visos sukurtos sistemos integruojamos į vieną bendrą sistemą t. y. integruotą BDHOOS.

Skyriaus tematika paskelbti penki straipsniai (Kaklauskas *et al.* 2015, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d) ir perskaitytas pranešimas tarptautinėje konferencijoje «Экономика, оценка и управление недвижимостью: IV международная научно-практическая конференция». Kartu su publikacijų bendraautoriais disertantė prisidėjo prie Nacionalinio sveiko būsto sertifikavimo modelio rengimo.

3.1. Makroaplinkos Lietuvos ir kaimyninių šalių integruota daugiapakopė aplinkos darnumo analizės sistema (makroaplinka)

Per pastaruosius 25 metus pasikeitė Lietuvos ir kaimynių aplinkosaugos darnumo kriterijai, todėl svarbu nustatyti, kaip reikšmingai ir dėl kokių priežasčių jie pakito. Šio tyrimo tikslas – išnagrinėti aplinkos darnumo kriterijus 15-ai šalių (Lietuvai, Estijai, Latvijai, Baltarusijai, Gruzijai, Ukrainai, Rusijai, Kazachstanui, Tadžikistanui, Kirgizijai, Moldovai, Uzbekistanui, Azerbaidžanui, Armėnijai, Turkmėnijai) (F priedas, sistema prieinama adresu <http://iti.vgtu.lt/ilearning/simpletable.aspx?sistemid=828>), netoliese esančioms devynioms Europos šalims (Vokietijai, Prancūzijai, Jungtinei Karalystei, Italijai, Ispanijai, Danijai, Norvegijai, Švedijai ir Suomijai) ir trims Azijos šalims (Kinijai, Iranui ir Indijai) nuo 1991 m. iki 2016 m. Papildomos šalys buvo įtrauktos į šį lyginamąjį tyrimą, kad būtų galima išsiaiškinti, ar Lietuvos ir jos kaimynės siekia aplinkos darnumo kontekste su kitomis būdingomis regiono šalimis. Kitaip tariant, tampa įmanoma ištirti, ar Lietuvos ir kaimyninių šalių pasiekimai aplinkos darnumo požiūriu yra didesni ar mažesni, palyginti su pasaulio ir regioninių šalių vidurkiais (G priedas, sistema prieinama adresu <http://iti.vgtu.lt/ilearning/simpletable.aspx?sistemid=826>). Tyrimu siekiama įvertinti jų įvairius plėtros būdus aplinkos darnumui užtikrinti. Pagrindinių aplinkos darnumo krypčių ekologinio pėdsako indekso (angl. *Ecological Footprint*), aplinkos poveikio indekso (angl. *Environment Performance Index*) ir gyvenimo kokybės indekso (angl. *Quality of Life Index*) paaiškinimo pagrindą sudaro integruotų, dažniausiai naudojamų darnumo kriterijų sistema.

Tyrimui atlikti naudota integruotų kriterijų sistema, skirta tarpusavyje susijusių šalių aplinkos darnumui kintančiame pasaulyje analizuoti. Tokia analizė pa-

rodo nacionalinės pažangos dinamiškumą. Taikomas projekto naudingumo laipsnio ir investicinės vertės vertinimo metodas (INVAR), kuris atspindi keturių darnumo aspektų (ekologinių, ekonominių, kultūrinių ir politinių aspektų) sąsają. INVAR metodas leidžia plačiau apžvelgti socialinius, aplinkos, ekonominius, politinius ir kultūrinius kontekstus, taip pat išsamiau išaiškinti pokyčius, kurie įvyko analizuojamose šalyse. INVAR metodas suteikia daugiau informacijos apie nacionalinius aplinkos darnumo kriterijus laikui bėgant ir pateikia rekomendacijas, kaip šalys turi pereiti prie aplinką tausojančių ir sveikų perspektyvų. Tyrimo metu buvo nustatyta didelė koreliacinė priklausomybė tarp makroekonomikos kriterijų (bendrojo vidaus produkto (toliau – BVP) vienam gyventojui, BVP vienam gyventojui pagal perkamosios galios paritetą (toliau – PGP), darbo našumo, verslo lengvumo) bei ekologinio pėdsako ir aplinkos poveikio indeksų, taip pat žmogaus vystymosi indekso (angl. *Human Development index*). Be to, buvo didelė priklausomybė tarp gyvenimo kokybės indekso ir išgyvenimo vertybių, palyginti su saviraiškos vertėmis (pagal Pasaulio vertybių tyrimą). Nustatyta ekologinio pėdsako indekso, aplinkos poveikio indekso ir gyvenimo kokybės indekso koreliacinė priklausomybė su lyčių nelygybės, bendravimo, laimės, švietimo ir socialinės pažangos kriterijais (E priedas).

Pirmiausia nustatyti aplinkos darnumo kriterijai, jų reikšmės ir reikšmingumai sprendimams priimti. 26 aplinkosaugos darnumo ir gyvenimo kokybės sričių ekspertai kriterijams, kurių parinkimas aprašytas 2.1 poskyryje, priskyrė reikšmingumą, lygų 1. Šiuo atveju 20 atrinktų kriterijų reikšmingumas yra lygus 20. Ekspertai, analizuodami aplinkosauginio darnumo kriterijus (aplinkos poveikio indeksą, gyvenimo kokybės indeksą, ekologinio pėdsako indeksą), nustatė jų svorius taip – $20 : 3 = 6,67$ (F priedas).

Reikėtų išskirti keletą šio tyrimo apribojimų. Pirmiausia tyrimui buvo pasirinkti kriterijai priklausomai nuo šalių duomenų prieinamumo. Lietuvos ir kaimyninių šalių analizei atlikti kriterijų skaičius buvo sumažintas dėl duomenų stygiaus. Visi kriterijai buvo taikomi 22 šalių analizei. Tačiau tyrimo rezultatai buvo papildomai pagrįsti nustatant koreliacines priklausomybes. Taip pat atlikta atskirų kriterijų dinamikos analizė. Metodų patikimumui nustatyti buvo atlikta jautrumo analizė.

3.1.1. Lietuvos ir kaimynių daugiakriterės sprendimo priėmimo matricos kriterijų analizė

G priede pateikti 22 šalių pradiniai kriterijų duomenys matricos pavidalu. Šiame poskyryje analizuojami svarbiausių kriterijų pokyčiai įvairiose analizuojamose šalyse.

Kaip pavyzdys nagrinėjami Lietuvos ir Italijos kriterijai. 1996–2015 m. laikotarpio analizė rodo, kad Lietuvoje vidutinis metinis BVP augimas procentais

buvo didesnis (4,62 %) nei Italijoje (0,51 %). Tačiau, žvelgiant tik į 2015 m. BVP vienam gyventojui lygį, Italijoje jis buvo didesnis (33704,69 USD) nei Lietuvoje (15227,82 USD). 1996–2015 m. laikotarpiu vidutinio metinio BVP vienam gyventojui augimas pagal PGP Lietuvoje sudarė 9,04 %, o Italijoje – 0,46 %. 2015 m. vyravo panaši tendencija, BVP vienam gyventojui pagal PGP Italijoje (33578,12 USD) buvo didesnis nei Lietuvoje (26396,87 USD). 1995–2015 m. vidutinė infliacija Lietuvoje (4,12 %) vidutiniškai buvo 1,90 karto didesnė nei Italijoje (2,16 %). Vidutinė valstybės skola nuo 2004 iki 2015 m. rodo, kad Italija (113,98 %) yra labiau įsiskolinusi nei Lietuva (42,7 %). Palyginus 2015 m. verslo aplinkos sąlygas matyti, kad Lietuvoje buvo palankesnės sąlygos verslui vystyti (24 reitingo vieta) nei Italijoje (56 reitingo vieta). Analizuojant aplinkos darnumą, Lietuvoje ir Italijoje buvo panašios sąlygos. 2012 m. duomenys rodo, kad Italijos ekologinio pėdsako indeksas vienam gyventojui buvo 4,99 gha, o Lietuvos – 4,67 gha. 2016 metų aplinkos poveikio indekso reitinge Italija užima 29-ąją vietą, o Lietuva – 23-iąją vietą, arba 6 pozicijomis aukštesnę. Panaši tendencija buvo pastebima analizuojant gyvenimo kokybės indeksą. 2015 m. Italijos gyvenimo kokybės indeksas buvo 100,99, Lietuvos – 112,85 (11,74 % didesnis). Vertinant visus 23 analizuojamus kriterijus pastebėta, kad Lietuvoje 12 kriterijų buvo geresni nei Italijoje, o Italijoje 11 kriterijų buvo geresnių nei Lietuvoje. Tuos pačius rezultatus parodo daugiakriterės analizės rezultatai (G priedas). Įvertinus Lietuvos (a_{15}) kriterijus, Lietuva užima 8-ąją vietą iš 22 šalių (prioritetas $P_{15} = 8$ ir naudingumo laipsnis $N_{15} = 52,14$ %). Italija (a_4) užėmė 12-ąją vietą, jos naudingumo laipsnis $N_4 = 39,38$ % (H priedas).

Toliau, nagrinėjami tokie kriterijai, kaip BVP vienam gyventojui, žmogaus vystymosi indeksas ir keletas kitų (G priedas). Trys pagrindinės šalys pagal BVP vienam gyventojui 2015 m. buvo Estija (17761,62 USD), Lietuva (15227,82 USD) ir Latvija (14243,57 USD), nepaisant to, kad 2009 m. krizė joms smarkiai pakenkė. Netoli jų, pagal kriterijus buvo Rusija (11038,82 USD) ir Kazachstanas (10546,6 USD). Toliau eina Turkmėnistanas (6932,84 USD), Baltarusija (6158,99 USD) ir Azerbaidžanas (6115,76 USD). Vykstantis ginkluotas konfliktas Ukrainoje sumažino šalies BVP vienam gyventojui iki 2824,44 USD. Likusiose Vidurinės Azijos šalyse ir Moldovoje 2015 m. buvo silpniausia ekonomika. Gana stiprus Baltijos šalių augimas sumažėjo 2009 m., kai šalių BVP vienam gyventojui sumažėjo beveik perpus. Žmogaus vystymosi indeksas atskleidžia šalies socialinio gyvenimo lygį. Indeksas nustato vidutinę gyvenimo trukmę, raštingumą, išsilavinimą ir gyvenimo lygį visose pasaulio šalyse. Visos analizuojamos šalys skirstomos į tris žmogaus vystymosi indekso grupes. 2012 m. labai aukštą žmogaus vystymosi indekso diapazoną (žmogaus vystymosi indeksas $> 0,800$) pasiekė tik Baltijos valstybės, o 2012 m. žmogaus vystymosi indeksas $= 0,701–0,800$ priklauso Rusijai, Baltarusijai, Ukrainai, Gruzijai, Armėnijai, Kazachstanui ir Azerbaidžanui. Likusios keturios Vidurio Azijos šalys ir Moldova

patenka į vidutinio žmogaus vystymosi indekso diapazoną. Pažvelgus į socialinės raidos pokyčius pagal žmogaus vystymosi indeksą, matoma, kad per 25 metus Lietuva ir jos kaimynės pasiekė nemažą žmogaus vystymosi indekso lygį, palyginti su pasauliniu lygmeniu (0,1114 – 1990 m. ir 2014 m. žmogaus vystymosi indeksas pasaulio lygio duomenų palyginimas). 1990 m. ir 2014 m. palyginus duomenis matyti, kad didžiausias įregistruotas teigiamas pasikeitimas tarp Lietuvos ir kaimynių buvo Azerbaidžane – 0,142, Estijoje – 0,135, Latvijoje – 0,127, Baltarusijoje – 0,115 ir Lietuvoje – 0,109. Tarp Europos ir Azijos šalių didžiausias teigiamas žmogaus vystymosi indekso pasikeitimas buvo Kinijoje – 0,2626, toliau – 1,199 Irane, Indijoje – 0,181, Jungtinėje Karalystėje – 0,174, Danijoje – 0,124 ir Ispanijoje – 1,20. Toliau nagrinėjamas šalių išgyvenimo vertybių palyginti su saviraiškos vertybėmis kriterijus. Prioritetas, susijęs su išlikimu, yra ekonominis ir fizinis saugumas. Kai kalbama apie saviraiškos vertybes, daugiausia dėmesio skiriama autonomijai ir laisvei nuo centralizuotų valdžios institucijų. Antroji išgyvenimo/saviraiškos vertybių dimensija (I priedas) rodo svarbiausius skirtumus tarp Lietuvos ir kaimynių (Rusijos, Latvijos, Estijos, Baltarusijos ir Moldovos). Šis kriterijus rodo, kad 1990–2000 m. laikotarpiu Lietuvoje ir kaimyninėse šalyse ypač dominuoja išgyvenimo vertybės. Lietuvoje, Latvijoje ir Estijoje išlikimo vertybės didėjo. Pasibaigus krizei Lietuvos ir kaimyninių šalių ekonomika buvo sunkiai nukentėjusi ir turėjo visas su ja susijusias pasekmes. Kinijoje ir Irane vyravo panašios išgyvenimo augimo tendencijos, tačiau Indijoje išgyvenimo kriterijus sumažėjo nuo –0,91 (1990 m.) iki –0,6 (2006 m.). ES valstybėse pasireiškia savirealizacijos vertybės, kitaip nei to laikotarpio Lietuvoje ir kaimyninėse šalyse. Tai patvirtina Vokietijos, Prancūzijos, Jungtinės Karalystės, Italijos ir Ispanijos atvejai. 2006 m. Švedija užėmė aukščiausią vietą –2,09. Išsivysčiusios Vakarų Europos šalys (Vokietija, Jungtinė Karalystė, Prancūzija ir kt.) aiškiai vertina saviraiškos vertybes labiau nei Lietuva ir jos kaimynės (Rusija, Ukraina, Latvija, Estija, Gruzija, Azerbaidžanas, Kirgizija ir kt.). 2000 m. Lietuvoje (–1,00) ir kaimyninėse šalyse, kurios daugiausia yra krikščionys europiečiai (Estija (–1,19) ir Latvija (–1,27)) išlikimo/saviraiškos vertybės buvo geresnės nei ortodoksų šalyse (Rusijoje (–1,88), Ukrainoje (–1,72), Gruzijoje (–1,31), Armėnijoje (–1,31) ir Moldovoje (–1,69). Musulmoniškosiose šalyse taip pat vyravo išgyvenimo vertybės (Azerbaidžane (–1,38) ir Kirgizijoje (–0,91)).

Siekiant įsitikinti, kad sudaryta daugiakriterė matrica gali būti naudojama tolimiesiems tyrimams, atlikta koreliacinė analizė.

3.1.2. Racionalios aplinkos sukūrimas

Lyčių nelygybės, korupcijos, laimės, švietimo ir socialinės pažangos kriterijai naudoti siekiant parodyti geriausios praktikos pavyzdžius. Atlikti tyrimai rodo, kad, norint pagerinti ekologinio pėdsako indekso, aplinkos poveikio indekso ir

gyvenimo kokybės indekso kriterijus 27 tirtoms šalims, nereikia laikytis vien ekonominių ir kitų tradicinių priemonių. Galima pabrėžti kitas mažiau ištirtas sritis, pvz., lyčių lygybės užtikrinimas, korupcijos mažinimas, laimės gerinimas, švietimo ir socialinės pažangos rodiklių gerinimas. Pavyzdžiui, alternatyvus būdas 27 šalims, kurios mano, kad pagerins savo ekologinio pėdsako indekso, aplinkos poveikio indekso ir gyvenimo kokybės indekso kriterijus, galėtų būti užtikrinant lyčių lygybę, mažinant korupciją, gerinant laimės indeksą, švietimo indeksą ir socialinės pažangos indeksą ir pabrėžiant kitus kokybinius nacionalinio vystymosi tikslus. Nustatyta priklausomybė, susiejanti lyčių nelygybės, korupcijos, laimės, švietimo ir socialinės pažangos rodiklius su 27 šalių ekologinio pėdsako indekso, aplinkos poveikio indekso ir gyvenimo kokybės indekso rodikliais (3.1 lentelė). Pavyzdžiui, ekologinis pėdsakas stipriai koreliuoja su laimės indeksu, švietimo indeksu ir socialinės pažangos indeksu, kurie visi tarpusavyje yra susiję (3.1 lentelė). Šio tyrimo metu atlikta analizė parodė, kad šalys, kuriose labiau užtikrinama lyčių lygybė, mažesnė korupcija, didesnė laimė, didesni švietimo ir socialinės pažangos rodikliai, turėjo aukštesnį ekologinio pėdsako indeksą, aplinkos poveikio indeksą ir gyvenimo kokybės indeksą.

3.1 lentelė. Šalių kriterijų koreliacijos (sudaryta autorės)

Table 3.1. Dependences of the countries considered (created by the author)

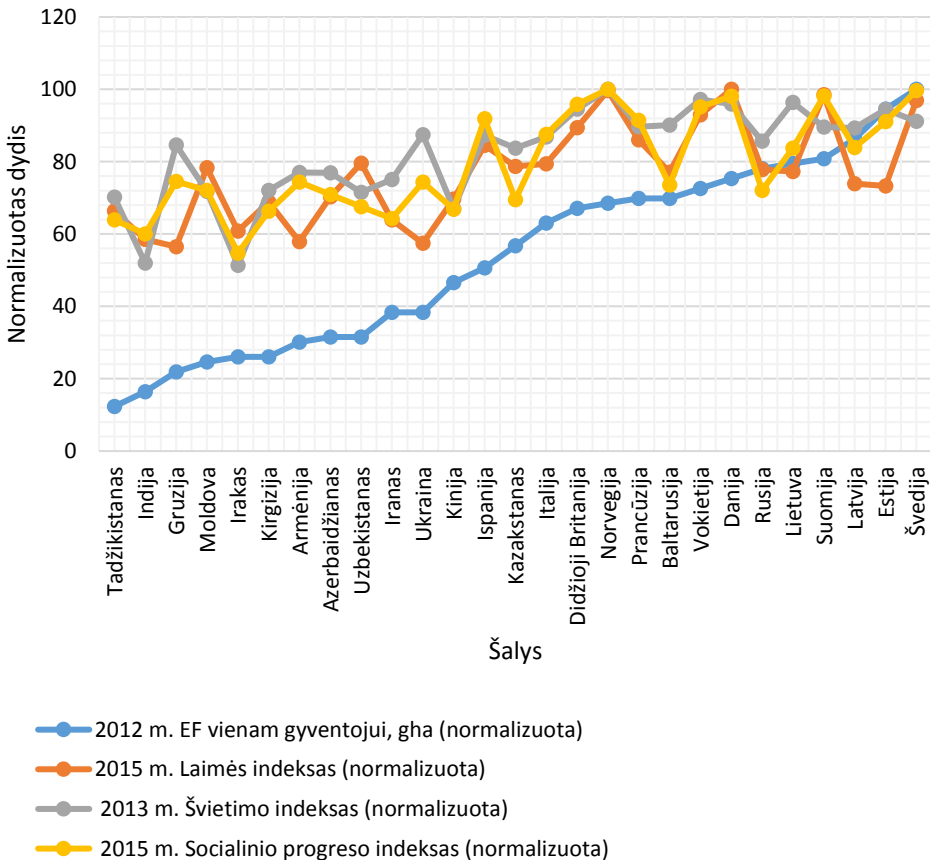
Nagrinėjami kriterijai	Gyvenimo kokybės indeksas (+)	Aplinkos poveikio indekso reitingas (-)	Ekologinio pėdsako indeksas vienam gyventojui (+)
Naudingumo laipsnis (+)	0,89618	-0,7724	0,7484
Prioritetas (-)	-0,9304	0,8419	-0,7854
Lyčių nelygybės indeksas (-)	-0,7154	0,8305	-0,7589
Korupcijos suvokimo indeksas (+)	0,9354	-0,6961	0,6409
Laimės indeksas (+)	0,8268	-0,7812	0,6923
Švietimo indeksas (+)	0,6320	-0,8308	0,7755
Socialinio progreso indeksas (+)	0,9071	-0,8850	0,7696

*Simbolis s_i (+/-) nurodo, kad didesnis/mažesnis kriterijaus įvertinimas yra geresnis šaliai.

Rezultatai rodo, kad Lietuva ir jos kaimynės gali pagerinti savo ekologinio pėdsako indekso, aplinkos poveikio indekso ir gyvenimo kokybės indekso balus, užtikrindamos lyčių lygybę, mažindamos korupciją, didindamos laimės, švietimo

ir socialinės pažangos kriterijus, labiau pabrėždamos kitus kokybinius nacionalinio vystymosi tikslus. Tokia pati analizė gali būti taikoma ir kitiems atvejams, susijusiems su geriausios praktikos kūrimu ir pateikimu.

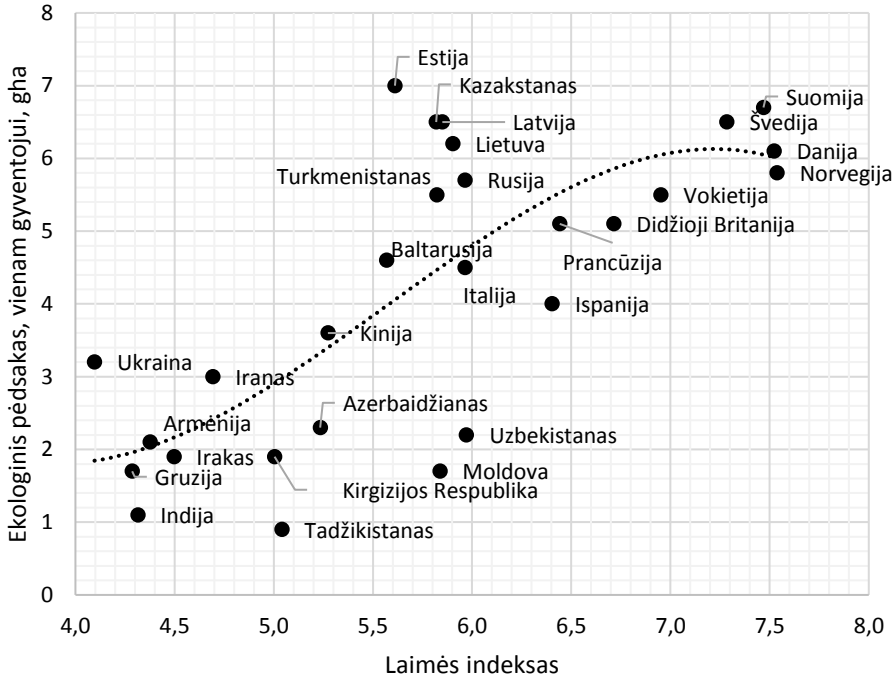
3.1 paveiksle pateikti 27 šalių normalizuoti kriterijų duomenys, atsižvelgiant į didėjančią 2012 m. ekologinio pėdsako indeksą vienam gyventojui. Kaip rodoma 3.1 paveiksle, yra didelė tiesioginė priklausomybė tarp 2012 m. ekologinio pėdsako indekso vienam gyventojui ir laimės indekso ($r = 0,6923$), švietimo indekso ($r = 0,7755$) ir socialinės pažangos indekso ($r = 0,7696$).



3.1 pav. 2012 m. normalizuoto ekologinio pėdsako indekso, 2016 m. laimės indekso, 2013 m. švietimo indekso ir 2015 m. socialinės pažangos indekso priklausomybės (sudaryta autorės)

Fig. 3.1. Dependence between normalized the Ecological footprint 2012, the Happiness index 2016, the Education index 2013 and the Social progress index 2015 (created by the author)

Didelę tiesioginę priklausomybę tarp ekologinio pėdsako indekso vienam gyventojui ir Laimės indekso iliustruoja ir 3.2 paveikslas.



3.2 pav. 2012 m. ekologinio pėdsako indekso ir laimės indekso priklausomybė Lietuvoje ir kaimyninėse valstybėse, atrinkuose Europos Sąjungos ir Azijos šalyse

Fig. 3.2. Dependence between the Ecological Footprint, 2012 and the Happiness Index in Lithuania and its neighbouring countries, selected Europe Union and Asian countries

Tyrimai parodė, kad kuo aukštesnis yra laimės, švietimo ir socialinio progreso indekso lygis, tuo geresnis ekologinio pėdsako vienam gyventojui kriterijus.

3.1.3. Lietuvos ir kaimyninių šalių aplinkos darnumo kriterijų daugiakriteris vertinimas ir COPRAS metodo patikimumo analizė šalių atžvilgiu

Sukūrus nacionalinių aplinkos darnumo kriterijų sistemą, nustačius kriterijų reikšmes ir kriterijų reikšmingumus atlikta jautrumo analizė bei daugiakriteris vertinimas, leidžiantis nustatyti prioritetas šalis ir jų naudingumo laipsnius, remiantis 1–5 COPRAS metodo etapais. Šis metodas sudaro sąlygas nustatyti prioritetas šalis ir jų naudingumo laipsnius (H priedas).

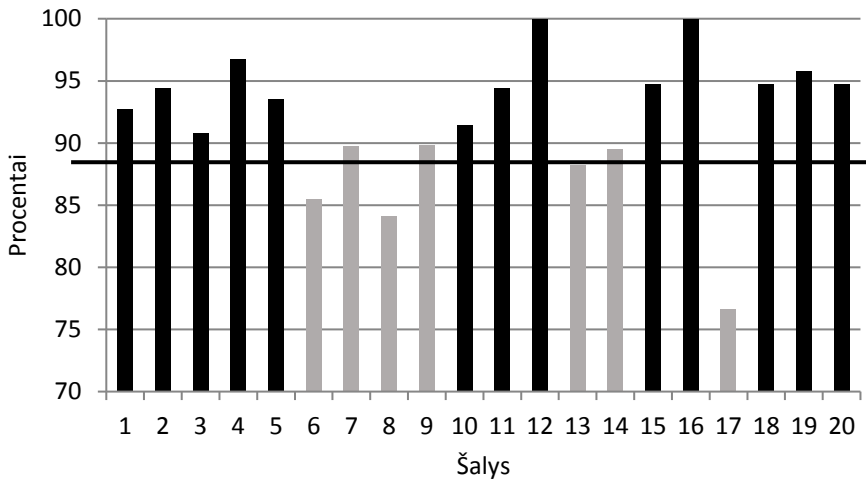
Šalies a_j koeficientas Q_j parodo, kaip gerai šalis vykdo savo tikslus ir poreikius aplinkos darnumo srityje. Veiksmingiausia šalis visada turi didžiausią svorį Q_{\max} , kitų šalių svoris yra mažesnis nei Q_{\max} , t. y. šios šalys yra blogesnės už geriausią šalį, kurios tikslai ir poreikiai yra susiję su aplinkos darnumu.

Kai šalies svoris didesnis/mažesnis, jo naudingumo laipsnis taip pat bus didesnis/mažesnis. Šalių naudingumo laipsnių nustatymas atliekamas lyginant juos su pačia veiksmingiausia šalimi, atitinkančia ekologinio darnumo reikalavimus. Taigi visi tiriamųjų šalių naudingumo laipsniai bus nuo 0 % (blogiausias atvejis) iki 100 % (geriausias atvejis). Tai palengvina vizualinį šalių efektyvumo vertinimą. Šalies a_j naudingumo laipsnis N_j rodo, kaip efektyviai šalis siekia savo tikslų. Kuo daugiau svarbesnių tikslų pasiekta, tuo didesnis šalies naudingumo laipsnis.

Kalbant apie nagrinėjamas šalis (H priedas), daugelio kriterijų analizė rodo, kad Norvegijos (a_7) vertinimai geriausi (svoris $Q_{\max} = Q_7 = 3,8904$ ir naudingumo laipsnis $N_{\max} = N_7 = 100$ %). Lietuva (a_{15}) užėmė aštuntą vietą su svoriu $Q_{15} = 2,0283$, kuris yra kur kas mažesnis už Norvegijos, o naudingumo laipsnis $N_{15} = 52,14$ % (H priedas).

Toliau buvo atlikta šalių veiklos rezultatų jautrumo analizė pagal NUMBEO gyvenimo kokybės indeksą. NUMBEO gyvenimo kokybės indeksas vertina šalies perkamąją galią, miestų užterštumą, būsto kainos ir pajamų santykį, pragyvenimo lygį, saugumą, sveikatos priežiūrą, reguliaraus eismo laiko indeksą ir klimato kaitą (Numbeo 2016). NUMBEO ir COPRAS (Zavadskas, Kaklauskas 1994) metodų, gyvenimo kokybės indekso nustatymas ir palyginimas aptariamoms šalims, apimančioms 2012–2016 m. laikotarpį, pateikiami I priede ir grafiškai 3.3 paveiksle. Pavyzdžiui, NUMBEO metodu Vokietija įvertinta kaip geriausia šalis 2012–2015 m. Vis dėlto COPRAS metodu taip pat apskaičiuota, kad geriausia 2012–2014 m. buvo Vokietija, tačiau ši šalis 2015 m. užėmė trečią vietą (J priedas, 3.3 pav.). Abiejų metodų rezultatų palyginimas parodė, kad apskaičiuoti skirtumai tarp nustatytų prioritetų 2015 m. sudarė 3 vietas. Šalies reitingų skaičiavimai, analizuojantys Norvegijos padėtį, atitiko abu metodus 2012, 2013 ir 2015 m. (J priedas). 2012 m. Norvegija užėmė 2 vietą reitinge, 2013 m. – 4 vietą, o 2015 m. – 5-ąją vietą. Pozicijos rezultatai skiriasi 2014 m. ir 2016 m. 2014 m. Norvegija užėmė 5-ąją vietą pagal NUMBEO ir 4 vietą pagal COPRAS metodą. 2015 m. pagal Numbeo metodą Norvegija užėmė 7-ąją vietą, pagal COPRAS ir 4-ąją vietą. Kitos šalys taip pat buvo svarstomos analogiškai. Rezultatų, gautų taikant aprašytus metodus suderinamumas pateikiamas I priede.

Atlikus skaičiavimus, buvo nustatyta, kad 65 % šalių (13 iš 20) kriterijų vertės yra didesnės nei 90 %, vidutiniškai – 91,88 %. Tokios vertės rodo stabilius rezultatus tarp visų 20 šalių. Diagramoje 3.3 pav. grafiškai vaizduojamos spalvomis koduotos jautrumo analizės reikšmės (juoda – virš 90 % ir pilka – žemiau 90 %).



3.3 pav. Vertinimo kriterijai, skirti įvertinti COPRAS ir NUMBEO metodų rezultatų suderinamumą 20 šalių reitingui procentais (sudaryta autorės)

Fig. 3.3. Values of criteria to gauge congruity of results obtained by the COPRAS and NUMBEO methods for ranking 20 countries by percentage (created by the author)

Rezultatai rodo, kad taikomas metodas yra patikimas ir gali būti taikomas tolimesniems tyrimams atlikti.

3.1.4. INVAR metodo pritaikymas ir skaitmeninės rekomendacijos

Kiekviena pasirinkta kriterijaus vertė gali būti optimizuota INVAR metodo 10 etape (žr. 2 skyrių ir Kaklauskas (2016)). Vienas iš pavyzdžių gali būti 2012 m. Lietuvos ekologinio pėdsako (x_{22}) (a_{15}) indeksas. Siekiama, kad Lietuvos ekonominė situacija pagerėtų ir šalių reitinge užimtų aukštesnę vietą, pvz., septintą (H priedas). Tai reiškia, kad ekologinio pėdsako $x_{22\ 15}$ vertė turi didėti tol, kol Lietuva atsidurs tarp septynių geriausių šalių. Skaičiavimai atlikti naudojant COPRAS metodo 1–5 etapus ir INVAR metodo 10 etapo formules. Rezultatai pateikti 3.2 lentelėje.

H priede ir 3.2 lentelėje parodyta, kad Lietuva (a_{15}) užima aštuntą vietą tarp šalių, o jos ekologinio pėdsako indeksas (x_{22}) yra 4,67 gha ($x_{22\ 15\ cycle\ 0} = 4,67$) ir jos naudingumo laipsnis $N_{15\ cycle\ 0} = 52,14\ %$, lygus 2012 m. Po 168 aproksimacijos ciklą Lietuva vis dar užima aštuntą vietą tarp šalių, tačiau jos ekologinio pėdsako indeksas yra 1,36 karto didesnis ($x_{22\ 1\ cycle\ 168} = 6,35$) ir jos naudingumo laipsnis $N_{15\ cycle\ 168} = 55,04\ %$. Vis dar nebuvo pasiektas reikalaujamas rezultatas, todėl buvo bandyta pasiekti dar aukštesnę $x_{22\ 15}$. Iš skaičiavimų matyti, kad po 211

ciklą Lietuva pasiekė $x_{22\ 15\ cycle\ 211} = 6,78$ gha ir jos naudingumo laipsnis $N_{15\ cycle\ 211} = 55,78$ %. Šis naudingumo laipsnis leido pagerinti Lietuvos ekonomikos lygį. Lietuva pateko tarp septynių geriausių šalių, vertinant jas pagal jų aplinkos darnumo kriterijų (3.2 lentelė).

3.2 lentelė. Reikiama Lietuvos ekologinio pėdsako vertė (gha), kad Lietuva pasiektų 7 vietą (sudaryta autorės)

Table 3.2. The required value (gha) of the Ecological Footprint for Lithuania to land in the TOP 7 (created by the author)

Apksimacijos ciklas	Gha, $x_{15\ cycle\ e}$	Lietuvos (a_{15}) naudingumo laipsnis	Vieta
0	4,67	52,14 %	8
...
82	5,5	53,55 %	8
...
119	5,86	54,18 %	8
...
168	6,35	55,04 %	8
...
211	6,78	55,78 %	7

Šalys gali gauti skaitmenines rekomendacijas, kaip pagerinti tam tikras kriterijų reikšmes ir sužinoti, kaip naujos reikšmės turės įtakos jų bendram aplinkos darnumo įvertinimui INVAR metodo 8 ir 9 etapuose (žr. 2 skyrių ir Kaklauskas (2016)). Rekomendacijos pateikiamos matricoje (3.4 pav.). Pavyzdžiui, 3.4 paveiksle parodyta, kad Vokietija (a_1) turi didžiausią gyvenimo kokybės indeksą ($x_{19\ 1} = 195,94$) tarp šiame tyrime nagrinėjamų šalių. Lietuva (a_{15}) turi gyvenimo kokybės indeksą 112,85 ($x_{19\ 15} = 112,85$). Jei yra tikslas pasiekti Vokietijos (a_1) gyvenimo kokybės indekso (x_{19}) lygį, Lietuva turi padidinti savo indeksą 73,63 % ($i_{19\ 15} = 73,63$ %, kuris apskaičiuojamas 8 INVAR metodo etapu (žr. 2 skyrių, 3.4 paveikslą).

Tokiu būdu Lietuvos (a_{15}) pozicija bendrame šalių reitinge padidėtų 12,2745 % ($r_{19\ 15} = 12,2745$ %, kaip apskaičiuota INVAR metodo 9 žingsnyje (žr. 2 skyrių, 3.4 pav.). Taip pat galima analizuoti būdus, kaip pagerinti kitų šalių kriterijų reikšmes.

Kriterijai apibūdinantys alternatyvas	Matavimo vienetai	Kriterijaus svoris (svertinis koeficientas)	Kiekybinė ir kokybinė informacija susijusi su alternatyvomis															
			Palyginimo alternatyvos															
			Galimybė pagerinti analizuojamą kriterijų %															
Galimas alternatyvos rinkos vertės padidėjimas %, įskaičiuojamas pirmiau padidėjusios kriterijaus vertės																		
Vokietija	Prancūzija	Britanija	Italija	Ispanija	Danija	Norvegija	Švedija	Suomija	Kriunija	Iranas	Indija	Rusija	Ukraina	Lietuva	Estija			
Vidutinis metinis BVP augimas, 1996–2015	+%	1	1.4 (650.71%)	1.63 (13.6162%)	2.25 (367.11%)	0.51 (1960.78%)	2.22 (373.42%)	1.22 (751.48%)	2.23 (371.3%)	2.5 (320.4%)	2.28 (360.96%)	3.89 (170.18%)	7.28 (44.37%)	3.38 (210.96%)	1.33 (690.23%)	4.48 (127.49%)		
BVP vienam gyventojui, 2015	+USD	1	45269.79 (98.24%)	41329.92 (117.13%)	40833.46 (119.24%)	33704.69 (166.26%)	30587.55 (193.39%)	58207.9 (54.17%)	89741.21 (0%)	54988.62 (63.2%)	42586.63 (96.15%)	6416.1833 (1411.68%)	5936.5382 (3077.31%)	1805.5796 (4870.22%)	11038.82 (712.96%)	2824.44 (3077.31%)	15227.82 (489.32%)	17761.62 (405.25%)
Žmogaus raidos indeksas, 1990–2015	+Indeksas	1	0.882 (0.1105%)	0.861 (6.97%)	0.876 (5.14%)	0.844 (8.87%)	0.844 (9.12%)	0.888 (3.72%)	0.921 (0%)	0.883 (4.3%)	0.859 (7.22%)	0.65 (0.1804%)	0.705 (30.64%)	0.547 (68.37%)	0.762 (20.87%)	0.717 (28.45%)	0.795 (15.85%)	0.812 (13.42%)
Žmogaus raidos indeksas, 2014	+Points	1	0.916 (3.06%)	0.888 (6.31%)	0.907 (4.08%)	0.873 (8.13%)	0.876 (7.76%)	0.923 (2.28%)	0.944 (0%)	0.907 (4.08%)	0.883 (6.91%)	0.727 (23.24%)	0.766 (29.85%)	0.609 (55.01%)	0.798 (18.3%)	0.747 (26.37%)	0.839 (12.51%)	0.861 (9.64%)
QLI 2014 ar 2015 duomenimis	+Points	6.67	195.94 (0%)	139.31 (40.65%)	156.9 (24.88%)	100.99 (94.02%)	134.91 (45.24%)	190.18 (3.03%)	175.09 (11.91%)	193.86 (1.07%)	190.25 (2.99%)	16.99 (0.4986%)	1.07 (3036.1165%)	28.38 (24.3875%)	20.1 (145.9408%)	112.85 (874.83%)	144.59 (35.51%)	112.85 (12.2745%)

3.4 pav. Skaitinių rekomendacijų pavyzdys apie Lietuvos gyvenimo kokybės indeksą vertės tobulinimo galimybes ir naujų verčių įtaką Lietuvos kaupiamam aplinkos darnumo reitingui (sudaryta autorės)

Fig. 3.4. Digital recommendation sample on improvement Quality of Life Index value for Lithuania and the influence of the new values on Lithuania cumulative environmental sustainability ranking (created by the author)

Taigi tyrimo metu buvo nustatytos stiprios koreliacijos tarp ekologinio pėdsako indekso, aplinkos poveikio indekso kriterijų ir makroekonominių kriterijų (BVP vienam gyventojui, BVP vienam gyventojui pagal PGP, darbo našumo, verslo vystymo lengvumo) ir žmogaus vystymosi indekso. Be to, nustatyta didžiulė priklausomybė tarp gyvenimo kokybės indekso ir išgyvenimo/saviraiškos vertybių. Nustatyta aplinkos poveikio indekso, ekologinio pėdsako indekso ir gyvenimo kokybės indekso kriterijų koreliacinė priklausomybė su lyčių nelygybės, korupcijos, laimės, švietimo ir socialinės pažangos kriterijais.

Tyrimu siekta integruoti ekologinių ir aplinkosaugos kriterijų vertinimus į ekologinio darnumo valdymo praktiką Lietuvoje ir kaimyninėse šalyse. Šiame tyrime apžvelgti tradiciniai aplinkos darnumo kriterijai, taip pat pritaikytas INVAR metodas kriterijų analizei atlikti. INVAR metodas leidžia plačiau apžvelgti socialinius, aplinkos, ekonominius, politinius ir kultūrinius kontekstus ir išsamiau išaiškinti pokyčius, kurie įvyko Lietuvoje ir kaimyninėse šalyse.

Pirmiau išvardyti tyrimai rodo, kad pastangomis siekti efektyvesnio aplinkos darnumo Lietuva ir kaimyninės šalys dažnai pasirenka skirtingas strategijas ir taktiką. Tai natūralu, atsižvelgiant į jų skirtingas ekonomines, teises, socialines, kultūrinės ir technologines aplinkas. Sėkminga aplinkosaugos darnumo strategija turi būti suderinta su vietos ekonomiais, teisiniais, technologiniais, techniniais, organizaciniais ir valdymo gebėjimais, taip pat esama ekonomine, socialine, kultūrine, etine, psichologine ir kitokia aplinka. Net kitose šalyse taikomų geriausių aplinkosaugos darnumo strategijų negalima tiesiog kopijuoti. Strategija turi būti modeliuojama atsižvelgiant į konkrečią šalies situaciją. Nacionalinės strategijos, skatinančios ekologinį augimą (ekonomikos restruktūrizavimas, naujos investicijos, technologijos, produktai ir paslaugos, našumo augimas ir pan.), taikant įvairias reformas (reguliuojamą ir kt.), turėtų būti veiksmingai gerinami su aplinkos darnumu.

Rezultatai rodo, kad kai kurie nacionalinės aplinkos ir vystymosi aspektai pamažu pagerėjo, didėjant BVP, skirtingi suinteresuoti subjektai iškėlė savo poreikius gerinti aplinkos darnumą.

3.2. Makroaplinkos Vilniaus ir kitų Europos miestų gyvenimo kokybės analizės sistema

Įvairūs MCDM metodai gali būti pritaikyti analizuojant miestų gyvenimo kokybę: AHP, ANP, COPRAS, PROMETHEE, ELECTRE, GRA, MAVT, MAUT, TOPSIS, VIKOR ir kt. Gyvenimo kokybės indeksas vertina šalies perkamąją galią, miestų užterštumą, būsto kainos ir pajamų santykį, pragyvenimo lygį, saugumą, sveikatos priežiūrą, reguliaraus eismo laiko indeksą ir klimato kaitą (Numbeo 2016).

COPRAS metodas buvo taikomas gana plačiai moksliniuose tyrimuose visame pasaulyje ir daug kartų lyginamas su kitais metodais (Wang *et al.* 2016; Qiu *et al.* 2015; Nuuter *et al.* 2015 ir daugelis kitų). Šie moksliniai tyrimai parodė, kad COPRAS metodas yra patikimas. Visi analizuojami duomenys Europos miestų gyvenimo kokybei palyginti buvo surinkti remiantis NUMBEO metodika, todėl lyginamoji Vilniaus ir kitų Europos miestų analizė buvo atlikta remiantis NUMBEO ir COPRAS metodais.

INVAR metodas (Kaklauskas 2016) numato tiesioginę ir proporcingą analizuojamų alternatyvų reikšmės ir prioriteto priklausomybę nuo kriterijų sistemos, kuri tinkamai apibūdina alternatyvas šių kriterijų vertėmis ir svoriais. Šiame tyrime taip pat pateikiamas INVAR metodas, kuris papildo gyvenimo kokybės indeksą naujomis funkcijomis: kiekybinių rekomendacijų teikimas miestams, kurie analizuojami pagal nustatytus kriterijus; kriterijų optimizavimas atsižvelgiant į gyvenimo kokybės srityje pasiektus kriterijus ir analizuojamų kriterijų reikšmių nustatymas, leidžiantis analizuojamam miestui pakelti reitingą iki pageidaujamo lygio.

Tyrimo apribojimas: tyrimui buvo pasirinkti 7 kriterijai, kuriuos vertina NUMBEO metodika ir pateikia laisvai prieinamus miestų įvertinimo duomenis. Sudarytos atskiros 2012–2016 metų matricos, todėl vertinimai turi būti atliekami kiekvieniems metams atskirai. Tačiau metodų patikimumui nustatyti buvo atlikta jautrumo analizė.

3.2.1. INVAR metodo taikymas būsto kainos ir pajamų santykio optimizavimui

Tyrimu siekiama, kad analizuojamame mieste gyvenimo kokybės lygis pakiltų ir taptų lygus lyginamojo miesto gyvenimo kokybės lygiui, remiantis COPRAS metodo 1–5 etapais ir INVAR metodo 7 etapu. INVAR metodu optimizuojama nagrinėjamo miesto bet kurio pasirinkto kriterijaus reikšmė. Kaip pavyzdys nagrinėjamas 2015 m. Vilniaus būsto kainos ir pajamų santykis. Siekiama optimizuoti Vilniaus miesto (a_{26}) būsto kainos ir pajamų santykio dydį ($x_{5\ 26\ cycle\ e}$), kad šio miesto gyvenimo kokybės lygis pakiltų ir prilygtų Frankfurto miesto (a_2) gyvenimo kokybės lygiui, atsižvelgiant į minimizuojamus ir maksimuojamus kriterijus.

Sudaryta 2015 metų Europos miestų gyvenimo kokybės pradinių duomenų matrica (žr. http://iti.vgtu.lt/VGTU_Lomonosov/simpletable.aspx?sistemid=760), Vilniaus (a_{26}) būsto kainos ir pajamų santykio dydis yra 13,41, o jo gyvenimo kokybės naudingumo laipsnis yra lygus 59,11 % (3.3 lentelė, 3.5 pav.).

Kriterijai apibūdinantys alternatyvas	Mataavimo vienetai	Kriterijaus svoris (svertinis koeficientas)	Kiekybinė ir kokybinė informacija susijusi su alternatyvomis									
			Ciurichas, Šveicarija	Frankfurtas, Vokietija	Palygintos alternatyvos							
					Praha, Čekijos Respublika	Dublinas, Airija	Bernas, Čekija	Vilnius, Lietuva	Salonikai, Graikija	Porto, Portugalija	Cluj Napoca, Rumunija	
Perkamosios galios indeksas	+ Index	1	133.91	139.55	69.95	88.89	64.32	46.95	50.93	59.65	44.82	
Saugumo indeksas	+ Index	0.75	80.34	70.04	67.07	45.44	67.55	70.82	67.75	53.4	80.61	
Sveikatos priežiūros indeksas	+ Index	0.5	71.35	63.1	69.24	44.3	62.5	70.19	77.07	68.98	56.48	
Pragyvenimo lygio indeksas	- Index	0.2	141.06	83.53	49.73	95.56	49.71	53.85	66.62	55.87	41.95	
Būsto kainos ir pajamų santykis	- Santykis	2	8.07	5.76	11.64	4.85	11.18	13.41	9.98	7.28	11.61	
Reguliarus eismo laiko indeksas	- Index	0.5	26.44	27.17	32.5	35.79	30	31.33	17	22.29	23.56	
Užterštumo indeksas	- Index	1	18.79	35.85	38.15	30.69	41.05	26.57	44.02	43.82	37.15	

*– Simbolis „+(-)“ parodo, kad didesnė (mažesnė) kriterijaus reikšmė atitinka didesnę (mažesnę) reikšmingumą vartotojui (suinteresuotoms grupėms)

3.5 pav. Pradinių duomenų matricos fragmentas (sudaryta autorės)
Fig. 3.5. A fragment of primary data matrix (created by the author)

3.3 lentelė. Vilniaus miesto (a_{26}) hipotetinio būsto kainos ir pajamų santykio dydžio skaičiavimai, siekiant, kad gyvenimo kokybės lygis prilygtų Frankfurtui (a_2) (sudaryta autorės)

Table 3.3. Calculations of the hypothetical housing price to income ratio of Vilnius city (a_{26}) in order to make the Quality of Life Index level equal to Frankfurt (a_2) (created by the author)

Aproksimacijos ciklai	Būsto kainos ir pajamų santykio dydis, $\times 5$ 26 cycle e	Gyvenimo kokybės naudingumo laipsnis		Nelygybė*
		Vilnius	Frankfurtas	
0	13,41	59,11 %	88,79 %	$| -29,68 \% | > 0,1 \%$
...	
420	5,01	85,13 %	88,96 %	$| -3,82 \% | > 0,1 \%$
...	
450	4,41	88,37 %	88,97 %	$| -0,60 \% | > 0,1 \%$
...	
455	4,31	88,95 %	88,97 %	$| -0,02 \% | < 0,1 \%$

* Nelygybė (27 formulė), pagal kurią nustatoma, ar a_{26} koreguotas būsto kainos ir pajamų santykio dydis $\times 5$ 26 cycle e, yra gana tiksliai

Analizės tikslas – optimizuoti (mažinti) Vilniaus miesto (a_{26}) hipotetinį būsto kainos ir pajamų santykio dydį $x_{5\ 26\ cycle\ e}$, kad Vilniaus miesto (a_{26}) naudingumo laipsnis taptų lygus Frankfurto miesto (a_2) naudingumo laipsniui.

Kaip matome iš 3.3 lentelės, būsto kainos ir pajamų santykio vertei sumažėjus iki 4,31, Vilniaus gyvenimo kokybės naudingumo laipsnis tampa beveik lygus Frankfurto naudingumo laipsniui (skirtumas tik 0,02 %). Pagal 3.3 lentelę po 450 aproksimacijos ciklą nelygė (27 formulė) dar nebuvo tenkinama ($x_{5\ 26\ cycle\ 450} = 4,41$, $|-0,6\ \%| > 0,1\ \%$), tačiau atlikus 455 aproksimacijos ciklą, Vilniaus (a_{26}) hipotetinis būsto kainos ir pajamų santykio dydis buvo sumažintas iki 4,31 ir šio miesto gyvenimo kokybės naudingumo laipsnis tapo lygus Frankfurto (a_2) naudingumo laipsniui ($x_{5\ 26\ cycle\ 455} = 4,31$, $|-0,02\ \%| < 0,1\ \%$), tokiu būdu šiuose miestuose gyvenimo kokybės lygis tapo vienodas.

3.2.2. Skaitmeninės rekomendacijos Vilniaus miestui

Remiantis 31 (8 INVAR metodo etapas) ir 32 (9 INVAR metodo etapas) formulėmis analizuojamiems miestams galima pateikti skaitmenines rekomendacijas, kaip pagerinti gyvenimo kokybės indeksą (3.6 pav.). Kaip pavyzdys analizuojamas 2015 m. Vilniaus miesto būsto kainos ir pajamų santykio dydis.

Remiantis 3.6 pav. duomenimis, 2015 m. mažiausias būsto kainos ir pajamų santykis buvo Dubline (a_{24}) (indeksas $x_{5\ 24} = 4,85$). Siekiant, kad Vilniaus miesto (a_{26}) būsto kainos ir pajamų santykis (indeksas $x_{5\ 26} = 13,41$) sumažėtų ir pasiektų Dublino lygį, būsto kainos ir pajamų santykį Vilniuje, taikant įvairias priemones, reikėtų sumažinti 63,83 % ($i_{5\ 26} = 63,83\ \%$, šis dydis apskaičiuojamas remiantis 31 formule, 8 etapas) (3.6 pav.) ir šiuo atveju gyvenimo kokybė Vilniuje padidėtų 21,4565 % ($r_{5\ 26} = 21,4565\ \%$, šis dydis apskaičiuojamas remiantis 32 formule, 9 etapas) (3.6 pav.). Taip pat būtų galima analizuoti ir kitų miestų būsto kainos ir pajamų santykį ir jo įtaką gyvenimo kokybei.

Siekama sužinoti, koks turi būti Vilniaus miesto (a_{26}) hipotetinis būsto kainos ir pajamų santykio dydis ($x_{5\ 26\ cycle\ e}$), kad jis patektų tarp dešimties geriausių Europos miestų (a_1 – a_{40}) pagal gyvenimo kokybės indeksą, atsižvelgiant į minimizuojamus ir maksimizuojamus kriterijus. Kaip pavyzdys nagrinėjami 2015 metų duomenys (žr. https://www.numbeo.com/quality-of-life/region_rankings.jsp?title=2015®ion=150) (Numbeo 2015). 2015 metų duomenimis, Vilniaus būsto kainos ir pajamų santykio dydis buvo 13,41. Atlikus skaičiavimus (žr. http://iti.vgtu.lt/VGTU_Lomonosov/simpletable.aspx?sistemid=760) buvo nustatyta, kad Vilniaus miesto gyvenimo kokybės naudingumo laipsnis yra lygus 59,11 % (35 pozicija pagal prioritetą).

Kriterijai apibūdinantys alternatyvas	Matavimo vienetas	Kriterijaus svoris (svertinis koeficientas)	Palyginimo alternatyvos											
			Galimybė pagerinti analizuojamą kriterijų %											
			Galimas alternatyvos rinkos vertės padidėjimas %											
			Čiurichas, Šveicarija	Frankfurtas, Vokietija	Miunchenas, Vokietija	Edinburgas, Didžioji Britanija	Tromsheimas, Norvegija	Ženeva, Šveicarija	Vienna, Austrija	Kopenhaga, Danija	Praha, Čekijos Respublika	Dublinas, Airija	Bernas, Bernas, Čekija	Vilnius, Lietuva
Perkamiosios galios indeksas	+ Index	1	133,91 (4,21%) (0,7079%)	139,55 (0%) (0,7079%)	99,64 (40,05%) (6,7318%)	96,34 (44,85%) (7,5381%)	93,45 (49,33%) (6,2891%)	130,21 (7,17%) (1,2056%)	100,22 (39,24%) (6,5956%)	96,68 (44,34%) (7,4525%)	89,95 (98,5%) (16,7226%)	88,89 (56,99%) (9,5785%)	64,32 (116,96%) (33,1487%)	46,95 (197,23%) (33,1487%)
Saugumo indeksas	+ Index	0,75	80,34 (6,25%) (0,7876%)	70,04 (21,87%) (2,7571%)	85,36 (0%) (0,7876%)	71,96 (18,62%) (2,3472%)	81,69 (4,49%) (0,5663%)	62,15 (37,35%) (4,7074%)	89,48 (22,86%) (2,8809%)	73,2 (16,61%) (2,094%)	87,07 (27,27%) (3,4374%)	45,44 (87,85%) (11,0738%)	67,55 (26,37%) (3,3234%)	70,82 (20,53%) (2,5879%)
Sveikatos priežiūros indeksas	+ Index	0,5	71,35 (28,76%) (2,4168%)	83,1 (45,59%) (3,8315%)	90,59 (1,41%) (0,1187%)	68,19 (34,73%) (2,9182%)	86,24 (6,53%) (0,5486%)	60 (53,12%) (4,4636%)	80,79 (13,71%) (1,525%)	74,49 (23,33%) (1,9607%)	89,24 (32,68%) (2,7465%)	44,3 (107,38%) (9,0237%)	62,5 (46,99%) (3,9489%)	70,19 (30,89%) (2,5956%)
Pragyvenimo lygio indeksas	- Index	0,2	141,06 (39,9%) (2,5299%)	83,53 (58,23%) (1,9573%)	84,16 (58,54%) (1,9678%)	91,74 (61,97%) (2,063%)	119,93 (70,91%) (2,3835%)	145,18 (96,6%) (2,5535%)	77,02 (54,7%) (1,5387%)	105,72 (67%) (2,252%)	49,73 (29,84%) (1,0031%)	95,56 (63,49%) (2,1341%)	49,71 (29,81%) (1,0021%)	53,85 (35,21%) (1,1835%)
Būsto kainos ir pajamų santykis	- Santykis	2	8,07 (39,9%) (13,4121%)	5,76 (15,8%) (5,3105%)	13,09 (62,96%) (21,1593%)	5,62 (13,7%) (4,6054%)	7,65 (36,6%) (11,18%)	10,13 (52,12%) (17,5201%)	13,3 (63,53%) (21,3559%)	6,78 (28,47%) (9,5684%)	11,64 (58,33%) (19,6078%)	4,85 (0%) (0%)	11,18 (56,62%) (19,0316%)	13,41 (63,83%) (21,4565%)
Reguliarus eismo laiko indeksas	- Index	0,5	26,44 (3,0003%)	27,17 (37,43%) (3,1455%)	24,5 (30,61%) (2,5725%)	21,43 (20,67%) (1,7371%)	19,14 (9,9396%) (0,9396%)	17,6 (11,18%) (0,2866%)	24,86 (31,62%) (2,5669%)	30 (43,33%) (5,6415%)	32,5 (47,69%) (4,0078%)	35,79 (52,5%) (4,4118%)	30 (43,33%) (3,6415%)	31,33 (45,74%) (3,8436%)
Užterštumo indeksas	- Index	1	18,79 (34,11%) (5,7334%)	35,85 (65,47%) (11,0029%)	21,82 (43,26%) (7,2711%)	14,01 (11,63%) (1,9554%)	21,8 (43,21%) (7,2624%)	23,81 (48,01%) (8,0681%)	25,02 (50,52%) (8,4907%)	28,82 (57,04%) (9,5872%)	38,15 (67,55%) (11,3528%)	30,69 (59,66%) (10,0271%)	41,05 (69,84%) (11,7381%)	26,57 (53,41%) (8,9758%)

*. Simbolis „+(-)“ parodo, kad didesnis (mažesnis) kriterijaus reikšmė atitinka didesnę (mažesnę) reikšmingumą vartotojui (suinteresuotoms grupėms)

3.6 pav. Skaitmeninių rekomendacijų fragmentas, siekiant pagerinti gyvenimo kokybės indeksą (sudaryta autorės)
 Fig. 3.6. A fragment of Digital recommendations to improve the Quality of Life Index (created by the author)

Galima teigti, jog Vilniaus miesto gyvenimo kokybės lygis yra gana žemas, nes jis užima 35-ąją vietą iš 40-ies analizuojamų miestų. Todėl viešojo sektoriaus organizacijos, turėtų imtis veiksmų, kurie leistų šį lygį pakelti. Norit, kad Vilniaus miesto reitingas pakiltų bent per 25 pozicijas ir patektų tarp dešimties geriausių Europos miestų pagal gyvenimo kokybės lygį, būsto kainos ir pajamų santykio dydis ($x_{5\ 26\ cycle\ e}$) turi būti atitinkamai mažinamas.

Skaičiavimams atlikti naudojami COPRAS metodo 1–5 etapai ir INVAR metodo 10 etapas. 3.4 lentelėje pateikti skaičiavimai.

3.4 lentelė. Vilniaus miesto hipotetinio būsto kainos ir pajamų santykio dydžio nustatymas, kad jis patektų tarp dešimties geriausių Europos miestų pagal gyvenimo kokybės indeksą (sudaryta autorės)

Table 3.4. Determining the housing price to income ratio of Vilnius city, that it enters among the top ten European cities according to the Quality of Life Index? (created by the author)

Aproximacijos ciklai	Būsto kainos ir pajamų santykio dydis, $x_{5\ 26\ cycle\ e}$	Vilniaus miesto gyvenimo kokybės naudingumo laipsnis (a_{26})	Reitingas
0	13,41	59,11 %	35
...
250	8,41	71,13 %	17
...
300	7,41	74,49 %	12
...
350	6,41	78,34 %	10
...
420	5,01	85,13 %	5

3.4 lentelėje matyti, kad po 300 aproximacijos ciklų Vilniaus miestas buvo 12 vietoje pagal Europos miestų gyvenimo kokybės indeksą. Kadangi dar nebuvo pasiektas norimas rezultatas, hipotetinis būsto kainos ir pajamų santykio dydis toliau buvo mažinamas. Po 350 aproximacijos ciklų Vilniaus miesto būsto kainos ir pajamų santykio dydį sumažinus dviem kartais, Vilniaus miesto naudingumo laipsnis sudarė 78,34 % ir pateko tarp dešimties geriausių Europos miestų pagal gyvenimo kokybės indeksą. Tokiu būdu Vilniaus miesto gyvenimo kokybės lygis žymiai pakyla ir jis tampa konkurencingesnis, palyginti su kitais lyginamaisiais miestais.

3.2.3. COPRAS metodo patikimumo analizė miestų atžvilgiu

Siekiant užtikrinti taikytų metodų COPRAS ir INVAR patikimumą, COPRAS metodu gauti rezultatai buvo lyginami su NUMBEO miestų reitingavimu. J priede pateikiamas Europos miestų gyvenimo kokybės indekso prioritetiškumo palyginimas pagal NUMBEO ir COPRAS metodus (2012–2016 m.).

J priede pateiktas Vilniaus miesto gyvenimo kokybės indekso pagal 2013–2016 m. vidurio duomenis (2012 m. Vilniaus miestas nebuvo vertinamas). Nors 2013–2015 m. gyvenimo kokybės indeksas sumažėjo 9,18 %, tačiau 2016 m. šis indeksas pakilo net 16 % (2015 m. gyvenimo kokybės indeksas buvo 120,33, 2016 m. – 139,63). 2016 m. papildomai buvo įtrauktas klimato kaitos kriterijus, kuris galėjo turėti įtakos gyvenimo kokybės indekso padidėjimui. Gyvenimo kokybės prioritetiškumo/rangavimo rezultatai pagal NUMBEO ir COPRAS metodus pateikti J priede.

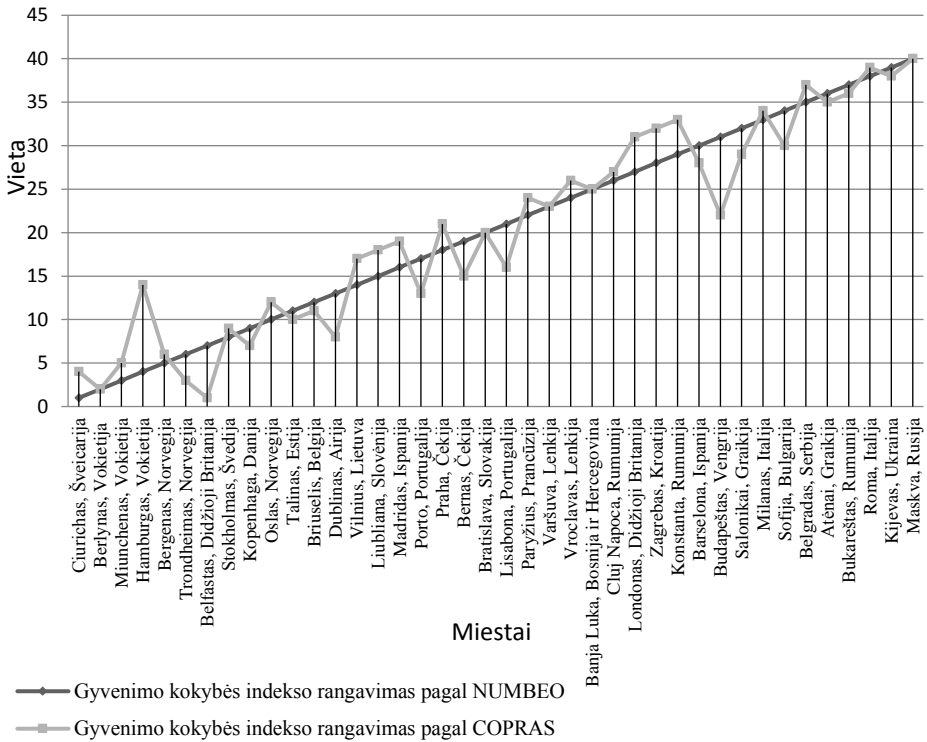
3.5 lentelėje pateikiama vertinimo rezultatų pagal NUMBEO ir COPRAS metodus atitikimų suvestinė. 2012 m. duomenimis, 15,4 % COPRAS metodu apskaičiuotų vertinimų paklaida su NUMBEO vertinimu (Bernas, Milanas, Bukareštas, Maskva). 2013 m. COPRAS metodu atliktas vertinimo paklaida 12,5 % (Berlynas, Bratislava, Varšuva, Banja Luka, Maskva). 2014 m. vertinimas sutapo 17,95 % (Frankfurtas, Kopenhaga, Berlynas, Barselona, Milanas, Bukareštas, Maskva). 2016 m. vidurio identiškas vertinimas sudarė 20,41 % nuo visų vertinamų Europos miestų (pavyzdžiui, Edinburgas, Ženeva, Bratislava, Zagrebas, Vroclavas ir kt.). 2012 m. 1–5 pozicijų paklaida sudarė 84,6 % (Berlynas, Ciurichas, Trondheimas, Stokholmas, Kopenhaga ir kt.), 2013 m. 1–5 pozicijų paklaida sudarė 80 % (Miunchenas, Talinas, Briuselis, Vilnius, Praha ir kt.), 2014 m. 1–5 pozicijų paklaida sudarė 74,36 % (Trondheimas, Stokholmas, Viena, Oslas, Zagrebas ir kt.).

3.5 lentelė. Europos miestų gyvenimo kokybės indekso prioritetų vertinimo rezultatų pagal NUMBEO ir COPRAS metodus atitikimų suvestinė (sudaryta autorės)

Table 3.5. Summaries of the results of the Quality of Life Index prioritization of European Cities by NUMBEO and COPRAS methods (created by the author)

Paklaida	Paklaidos dydis, proc.				
	2012 m.	2013 m.	2014 m.	2015 m.	2016 m. vid.
Paklaida 0	15,4 %	12,50 %	17,95 %	12,07 %	20,41 %
Paklaida 1–5 pozicijos	84,6 %	80,00 %	74,36 %	62,07 %	65,31 %
Paklaida 6–10 pozicijos	–	7,50 %	7,69 %	20,69 %	12,24 %
Paklaida daugiau nei 10 pozicijų	–	–	–	5,17 %	2,04 %

Gyvenimo kokybės indekso prioritetiškumo/rangavimo rezultatus pagal NUMBEO ir COPRAS metodus iliustruoja 3.7–3.11 paveikslai.

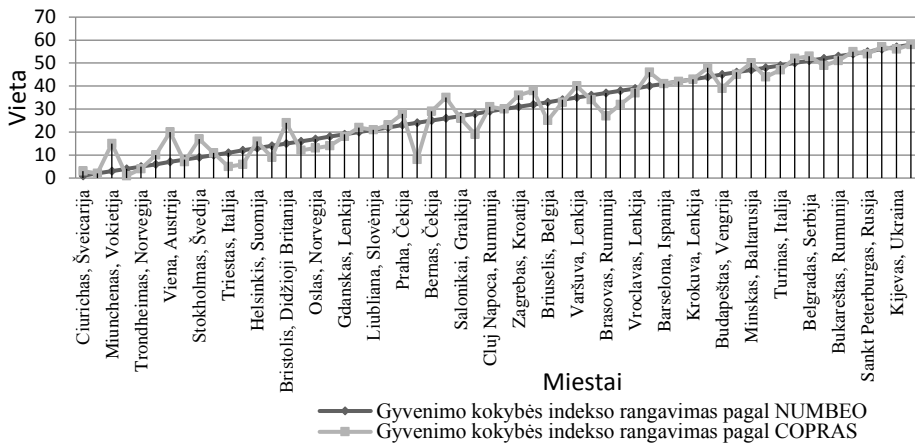


3.7 pav. 2013 m. Europos miestų gyvenimo kokybės indekso rangavimo palyginimas pagal NUMBEO ir COPRAS metodus (sudaryta autorės)

Fig. 3.7. Comparison of the 2013 year European cities Quality of Life Index rankings by NUMBEO ir COPRAS (created by the author)

Analizuojamas gautas rangavimo skirtumas taikant skirtingus vertinimo metodus. Pagal atliktus skaičiavimus, 2013 ir 2015 m. Ciurichas vertinamas kaip geriausias Europos miestas pagal NUMBEO skaičiavimus. Tačiau pagal COPRAS metodą Ciurichas užima 4 poziciją 2013 m. ir 3 poziciją 2015 m. (3.7 ir 3.8 paveikslai).

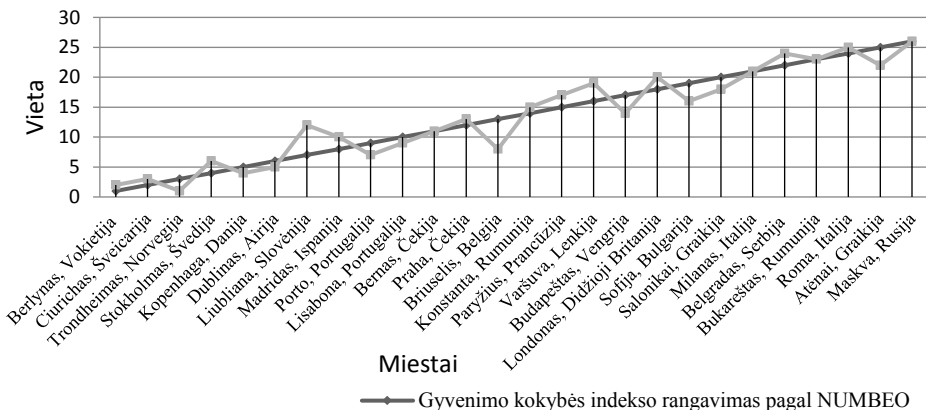
2016 m. vid. duomenimis Ciurichas pagal NUMBEO metodą užėmė 2 vietą, o pagal COPRAS – 4 (K priedas). Lyginant abiejų metodų rezultatus, reitingavimas skiriasi per 3 pozicijas 2013 m. ir 2 pozicijas 2015 m.



3.8 pav. 2015 m. Europos miestų gyvenimo kokybės indekso rangavimo palyginimas pagal NUMBEO ir COPRAS metodus (sudaryta autorės)

Fig. 3.8. Comparison of the 2015 year European cities Quality of Life Index rankings by NUMBEO ir COPRAS (created by the author)

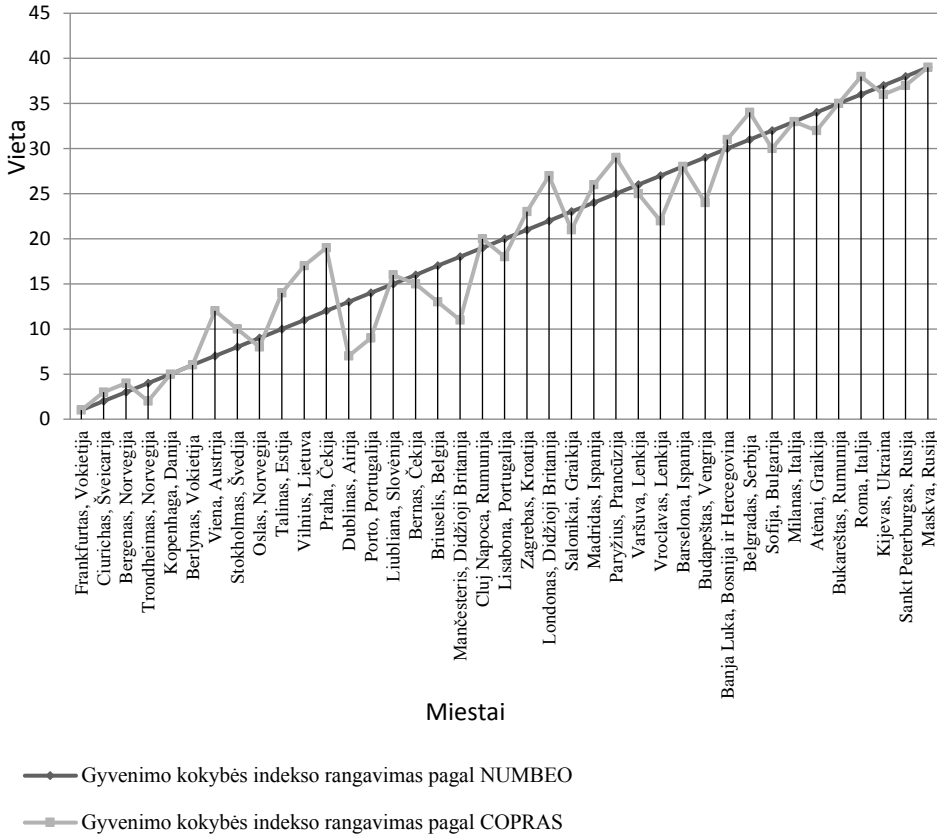
Rezultatai per vieną poziciją skiriasi 2012 ir 2015 m. 2012 m. Berlynas užėmė 1 vietą skaičiavimams atlikti naudojant NUMBEO ir 2 vietą – naudojant COPRAS metoda. Skaičiavimams atlikti naudojant NUMBEO metoda 2015 m. šis miestas užėmė 10 vietą ir 11 vietą – naudojant COPRAS metoda (3.8 ir 3.9 paveikslai).



3.9 pav. 2012 m. Europos miestų gyvenimo kokybės indekso rangavimo palyginimas pagal NUMBEO ir COPRAS metodus (sudaryta autorės)

Fig. 3.9. Comparison of the 2012 year European cities Quality of Life Index rankings by NUMBEO ir COPRAS (created by the author)

Analizuoiant Berlyno vertinimą skaičiavimams atlikti naudojant NUMBEO ir COPRAS metodus, miesto reitingas sutapo 2013 ir 2014 m. (3.7 ir 3.10 paveiks-lai). 2013 m. Berlynas užėmė 2 vietą reitinge, o 2014 m. – 6 vietą.

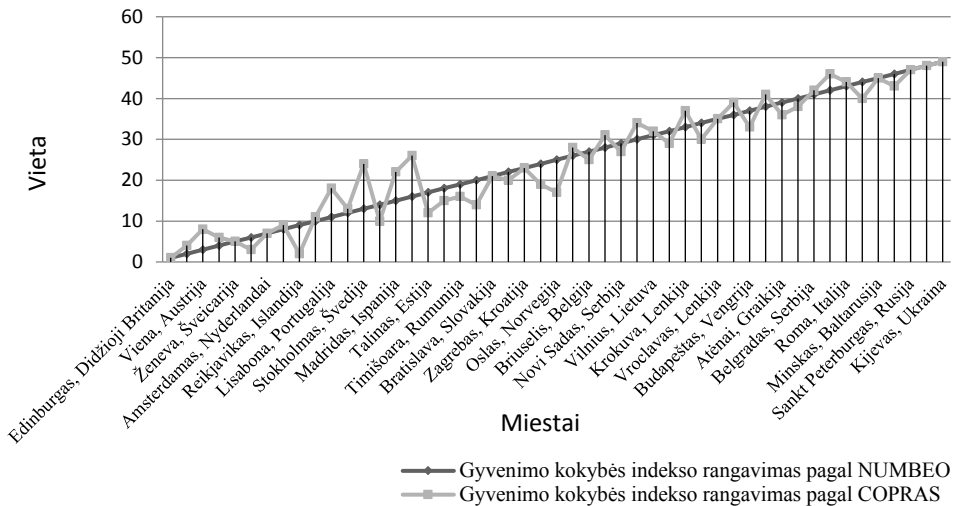


3.10 pav. 2014 m. Europos miestų gyvenimo kokybės indekso rangavimo palyginimas pagal NUMBEO ir COPRAS metodus (sudaryta autorės)

Fig. 3.10. Comparison of the 2014 year European cities Quality of Life Index rankings by NUMBEO ir COPRAS (created by the author)

Analizuoiant Edinburgo (Didžioji Britanija) bei Ženevos (Šveicarija) vertinimą skaičiavimams atlikti naudojant NUMBEO ir COPRAS metodus, miestų reitingas sutapo 2016 m. vid. (3.11 paveikslas). 2016 m. vid. Edinburgo miestas užėmė 1 vietą reitinge, o Ženeva – 5 vietą skaičiavimams atlikti naudojant abu metodus.

Taigi rezultatai rodo, kad pirmiau taikytas metodas miestų gyvenimo kokybei vertinti yra patikimas ir jį galima naudoti atliekant kitus panašius tyrimus.



3.11 pav. 2016 m. vid. Europos miestų gyvenimo kokybės indekso rangavimo palyginimas pagal NUMBEO ir COPRAS metodus (sudaryta autorės)

Fig. 3.11. Comparison of the 2016 Mid-year European cities the Quality of Life Index rankings by NUMBEO ir COPRAS (created by the author)

Įvertinus saugaus ir sveiko būsto makroaplinką, reikia atlikti tyrimus, kurie leistų įvertinti ir mezoaplinką. Todėl kitame poskyryje pateikiamas praktinis autorės kartu su bendraautoriais sukurtas CREST metodo pritaikymas, siekiant išanalizuoti mezoaplinką.

3.3. Mezoaplinkos Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto rinkos analitinė-rekomendacinė sistema

Kaip jau minėta ankstesniuose skyriuose įvairūs veiksniai, jų pokyčiai gali lemti saugaus ir sveiko būsto burbulą/krizės kilimą. Siekiant anksčiau nustatyti galimus pavojus, kuriamos specialios sistemos, galinčios iš anksto nuspėti svarbius pokyčius.

Per didelę spekuliacija nekilnojamojo turto rinkose gali sukelti reikšmingų makroekonominį nuostolių, ypač gamybai ir užimtumui. Tokie pokyčiai turi būti nustatyti kuo greičiau, kad būtų priimtoms tam tikros ekonominės politinės priemonės. Tokio tikslo siekia Vokietijos ekonominių tyrimų instituto sukurta DIW Berlin ankstyvojo perspėjimo sistema, skirta saugaus ir sveiko būsto rinkai. Ankstyvojo perspėjimo sistema prognozuoja kainų šuolius nekilnojamojo turto rinkoje, kuriuos sukėlė spekuliacijos.

Kai spekuliacinių kainų pokyčiai aptinkami greitai, ekonominė politika turi pakankamai laisvės rasti tinkamą atsakymą ir galbūt užkirsti kelią toliau plėstis burbului (Dreger, Kholodilin 2012). Ankstyvojo perspėjimo sistema gali informuoti investuotojus apie bendrą plėtrą ir nekilnojamojo turto pramonės struktūrą, taigi padėti jiems pagerinti investavimo galimybes ir struktūrą.

Be to, potencialūs investuotojai gali sužinoti apie plėtros tendencijas nekilnojamojo turto rinkoje ir tada pasinaudoti galimybėmis, vengiant rizikos. Išankstinio įspėjimo ataskaitos gali pasiūlyti optimizuotas konsultacijas nekilnojamojo turto agentams, taip gerinant konsultantų sprendimus apie būsimą plėtrą nekilnojamojo turto rinkoje (Hua 2011).

Dreger ir Kholodilin (2012) siūlo ankstyvojo įspėjimo sistemą, grindžiamą dviem alternatyviais modeliais ir metodu: signalizacijos metodu, LOGIT ir PROBIT modeliais. Buvo pastebėta, kad šie du modeliai leidžia tikslesnes saugaus ir sveiko būsto kainų burbulų prognozes nei signalizacijos metodas. LOGIT ir PROBIT modelių tikslumas yra didelis, kad jie būtų naudingi prognozuojant būsimus spekuliacinius burbulus saugaus ir sveiko būsto rinkoje. Taigi šis metodas gali būti taikomas politikų, jų pastangoms aptikti saugaus ir sveiko būsto kainų burbulus laiku ir sušvelninti jų niokojančius padarinius šalies viduje ir pasaulio ekonomikai (Dreger ir Kholodilin 2012).

Li *et al.* (2009) sukūrė naują kontrolės sistemą nekilnojamojo turto rinkai, pagrįstai informacinėmis sistemomis, ypač nekilnojamojo turto perspėjimo, pasitikėjimo indeksu ir modeliavimo sistemos. Sistema susideda iš dviejų indeksų sistemos – nekilnojamojo turto perspėjimo (REWS) ir nekilnojamojo turto pasitikėjimo indeksas (RECI). REWS susideda iš šių kriterijų: asmeninės būsto paskolos/nekilnojamojo turto paskolos, nekilnojamojo turto plėtros paskolos/vidutinės ar ilgalaikės paskolos, visų sričių komercinio būsto pardavimo augimo tempo, viso užbaigimo komercinio būsto ploto augimo tempo, naujų komercinių būsto projektų augimo tempo, žemės plėtros augimo tempo, baigto reinvestavimo augimo tempo, reinvesticijų/ilgalaikio turto investavimo ir reinvestavimo augimas tempo/BVP augimo tempo.

Anksčiau minėtos sistemos ir termometrai nenustato saugaus ir sveiko būsto rinkos „sveikatingumo lygio“ ir neteikia asmeninių rekomendacijų suinteresuotoms grupėms. Todėl kuriamas krizės termometras skirtas saugaus ir sveiko būsto rinkos rekomendacijoms sudaryti. Kuriamas personalizuotų rekomendacijų pateikimo priemonė, kuri leidžia saugaus ir sveiko būsto rinkos dalyviams (klientams, nuomininkams, vyriausybės pareigūnams, finansų įstaigoms, draudimo įmonėms, nekilnojamojo turto sektoriuje veikiančioms įmonėms, kūrėjams, investuotojams) prisidėti prie veiksmingos ir prieinamos saugaus ir sveiko būsto rinkos kūrimo.

Krizės termometras apima tekstų analizės, rekomendavimo, žinių ir daugiakriterės sprendimų paramos posistemius; jis gali efektyviai derinti ir analizuoti visus susijusius integruotus duomenis, informaciją ir žinias (ekonominės, teisines,

institucines, politines, socialines, kultūrinės, etinės, psichologines, emocines, religines, demografinės, dvasinės ir švietimo), automatiškai nustatyti saugaus ir sveiko būsto rinkos „temperatūrą“, kaupiti kelias alternatyvias rekomendacijas, skirtas tam tikroms suinteresuotoms šalims, atlikti šių rekomendacijų daugiakriterę analizę ir pasirinkite dešimt racionaliausių rekomendacijų, skirtų suinteresuotoms šalims.

Krizės termometras buvo sukurtas remiantis saugaus ir sveiko būsto ir nekilnojamojo turto įspėjimo (Li *et al.* 2009; Dreger, Kholodilin 2011, 2012; Hua 2011), neuroninių tinklų (Khalafallah 2008; Kauko 2012) ekspertinėmis (Jacob, Marsden 1990; Majeske, Lauer 2013), sprendimo paramos (Introne, Iandoli 2014) ir kitomis sistemomis, taip pat būsto barometru (Sichelman 2002; Kolkko 2014), būsto ir nekilnojamojo turto burbulų indeksu (Veraguth 2011; Bosley 2013) ir kt.

Sprendimų priėmimo procesą gali padaryti efektyvesnę ir veiksmingesnę Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto sektoriaus valdymo CREST analitinė-rekomendacinė sistema. Remiantis antrajame skyriuje aprašytu CREST metodu sukurta šiuo metodu paremta CREST analitinė-rekomendacinė sistema. Ši sistema sudaryta iš duomenų bazės ir duomenų bazės valdymo sistemos, modelių bazės ir modelių bazės valdymo sistemos, vartotojo sąsajos.

Reikėtų išskirti keletą šio tyrimo apribojimų. Pirmiausia, kriterijai buvo nustatyti remiantis Švedų mokslininko Lind (2008, 2009) nustatytais veiksniais. Antra, tyrimas buvo vykdomas tik Lietuvoje, negalima tyrimo rezultatų palyginti su kitose šalyse atliktais tyrimais, todėl tyrimo išvadų nėra galimybės vertinti tarptautiniame kontekste.

3.3.1. Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto kriterijų duomenų bazė ir duomenų bazės valdymo sistema

Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto sektoriaus 2007–2012 metų konkurencingumo analizė atlikta siekiant įvertinti nekilnojamojo turto krizės laikotarpį bei sukurti krizės termometrą, kurį naudojant būtų galima įvertinti Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto sektoriaus būklę ir iš anksto identifikuoti kylančią ekonominę krizę. Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto sektoriaus vertinimui atlikti sudaryti aštuoni kokybinių ir kiekybinių kriterijų posistemiai (žr. <http://iti.vgtu.lt/ilearning/daugkrit.aspx?sistemid=622>):

- kainos ir pajamų santykio kriterijų posistemis;
- būsto išlaidų kriterijų posistemis;
- būsto pasiūlos kriterijus;
- pirkėjų lūkesčių dėl kainų kriterijaus posistemis;
- kreditų rinkos kriterijų posistemis;
- nuomos ir būsto kainos kriterijų posistemis;

- pasaulio konkurencingumo kriterijų posistemis;
- makroekonominių kriterijų posistemis.

Sistemą sudaro septynios pagrindinės skiltys, kurios leidžia nesunkiai atlikti Lietuvos statybos ir NT sektoriaus didžiųjų duomenų analizę bei gauti rekomendacijas.

Pagrindinės skiltys:

1. Sistemos aprašas. Pateikiama informacija apie sistemą.
2. Alternatyvų aprašymas. Čia pateikiamos alternatyvos (2007–2012 metai), posisteminių ir kriterijų apibūdinančių alternatyvas aprašymai, matavimo vienetai, vertės ir pradiniai svoriai. Kiekvienas kriterijus ir posistemiai čia aprašyti skaitmeniniu, tekstiniu, grafiniu, lentelių, formulių, fotografiniu, garsiniu, vaizdiniu ir kitokiu pavidalu. Tokiu būdu CREST sistema sudaro sąlygas sprendimų priėmėjui gauti įvairią išsamią kiekybinę ir kokybinę informaciją apie Lietuvos statybos ir NT sektoriaus rinkos situaciją.
3. Kelių alternatyvų vertinimo rezultatai. Leidžia analizuoti pasirinktą posistemį.
4. Lentelių sujungimas. Leidžia sujungti kelis posistemius į vieną ir pateikia vertinimo rezultatus.
5. Alternatyvų variantinis projektavimas. Pateikiami geriausi variantinio projektavimo metu atrinktų alternatyvų iš kiekvienos objektų grupės deriniai.
6. Alternatyvų daugiakriterė analizė. Pateikiami daugiakriterės analizės metu atrinkti geriausi alternatyvų deriniai iš kiekvienos objektų grupės.
7. Rekomendacijos vartotojui. Pateikiami automatiškai sugeneruoti patarimai suinteresuotiems asmenims, kaip pagerinti alternatyvų konkurencingumą (pvz., pateikiami trys svarbiausi kriterijai, kurie turi didžiausią įtaką reitingui).

Ši sistema visapusiškai įvertina rinkos konkurencingumą. Todėl politikams, NT vystytojams ir kitiems suinteresuotiems asmenims ši sistema leidžia anksčiau laiko numatyti svarbius šios rinkos pokyčius, t. y. kylantį saugaus ir sveiko būsto burbulą. CREST analitinės-rekomendacinės sistemos veikimas aprašomas pateikiant praktinę situaciją.

3.3.2. Praktinis Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto rinkos analitinės-rekomendacinės sistemos veikimo pavyzdys

Kaip pavyzdys pateikiama makroekonominių kriterijų posistemio analizė (3.12 pav.).

Kiekybinė ir kokybinė informacija susijusi su alternatyvomis								
Kriterijai apibūdinantys alternatyvas	Matavimo vienetai	Kriterijaus svoris (svertinis koeficientas)	Palygintos alternatyvos					
			2007	2008	2009	2010	2011	2012
Lietuvos BVP (X81)	+ Min. Lt	2	96138	111520	92353	94625	106369	113189
Populiacija (X82)	+ Vnt	0,5	3249983	3212605	3183856	3141976	3052588	3003641
Infliacijos lygis (X83)	- Proc.	2	5,8	11,1	4,2	1,2	4,1	3,2
Nedarbo lygis (X84)	- Proc.	0,5	4,3	5,8	13,7	17,8	15,3	13,2
Statybos sąnaudų elementų kainų indeksas gruodžio mėn., palyginti su praėjusių metų gruodžio mėn. (X85)	- Proc.	1	115,5	100,4	87,4	105,2	100,6	104,1
Statybos darbai (X86)	+ Min. Lt	1	10903	12046	5942	5401	6878	6724
Investicijos į statybos sektorių (X87)	+ Min. Lt	1	20312	21633	12605	11257	14009	14426

*. Simbolis „+(-)“ parodo, kad didesnė (mažesnė) kriterijaus reikšmė atitinka didesnę (mažesnę) reikšmingumą vartotojui (suinteresuotoms grupėms)

3.12 pav. Makroekonominų kriterijų posistemio pradiniai duomenys (sudaryta autorės)
Fig. 3.12. The original data of macroeconomic subsystems criteria
 (created by the author)

Makroekonominiai kriterijai – statistiniai duomenys, pagal kuriuos galima spręsti apie esamą valstybės ekonomikos būklę, atsižvelgiant į konkrečią ūkio sritį (pramonę, darbo rinką, prekybą ir kt.). Šiuos duomenis reguliariai tam tikru metu skelbia vyriausybės agentūros ir privatus sektorius (Main economic indicators 2014). Makroekonominiai rodikliai yra svarbūs, nes rodo, kokia yra valstybės ekonominė situacija. Jeigu valstybės ekonominiai rodikliai geri, valstybės finansai stabilūs, tuomet valstybėje sudarytos palankios sąlygos verslui. Jeigu valstybės finansinė sveikata šlubuoja, tuomet valstybės rizika yra didesnė, o tai reiškia ne tokias palankias sąlygas verslui plėtoti. BVP yra svarbiausias makroekonominis kriterijus, atspindintis valstybės ūkio augimą. Tai yra populiariausias ekonomikos kriterijus, svarbus tiek ekonomistams, tiek investuotojams, tiek politikams (Makroekonominų rodiklių įtaka 2011). Atliekant daugiakriterę makroekonominų kriterijų posistemio analizę, alternatyvoms vertinti buvo pasirinkti šie kriterijai: Lietuvos BVP, populiacija, infliacijos lygis, nedarbo lygis, statybos sąnaudų elementų kainų indeksas gruodžio mėn., statybos darbai, investicijos į statybos sektorių.

Krizės termometro kriterijų posistemio analizės rezultatai parodo svarbiausius kriterijus, kurie labiausiai lemia statybos ir nekilnojamojo pramonės veiklą. Kriterijai yra tokie: Šalies ūkio darbuotojų vidutinio realaus mėnesinio darbo užmokesčio indeksai (X_{13} , $q_{13} = 1$), Pastatytų butų skaičius Vilniuje (X_{31} , $q_{31} = 1$), Vartotojų pasitikėjimo rodiklis (X_{41} , $q_{41} = 1$), Paskolos būstui įsigyti palūkanų norma fiksuojant pradinę normą (namų ūkiui) (X_{51} , $q_{51} = 1$), Paskolos būstui įsigyti suma fiksuojant pradinę normą (namų ūkiui) (X_{52} , $q_{52} = 1$), Vidutinės butų kainos gyvenamuosiuose rajonuose (LTL/m², IV ketvirtis) Vilniuje (X_{61} , $q_{61} = 5$), Vidutinės butų nuomos kainos gyvenamuosiuose rajonuose (LTL/mėn., IV ketvirtis) Vilniuje (X_{62} , $q_{62} = 5$), Makroekonomika (X_{72} , $q_{72} = 1$), Finansų rinkos rafinotumas (X_{75} , $q_{75} = 1$), Verslo rafinotumas (X_{77} , $q_{77} = 1$), Lietuvos BVP

($X_{81}, q_{81} = 2$), Infliacijos lygis ($X_{83}, q_{83} = 2$), Statybos sąnaudų elementų kainų indeksas gruodžio mėn., palyginti su praėjusių metų gruodžio mėn. ($X_{85}, q_{85} = 1$), Statybos darbai ($X_{86}, q_{86} = 1$), Investicijos į statybos sektorių ($X_{87}, q_{87} = 1$).

Taip pat analizės rezultatai rodo mažiausią reikšmę Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto pramonei turinčius kriterijus: Butų įperkamus (kiek galima įsigyti kv. m už vidutinį metinį darbo užmokestį) Vilniuje ($X_{11}, q_{11} = 0,11$), Būsto kainų indeksai, palyginti su indekso 2010 m. baziniu laikotarpiu (2010 m. = 100) ($X_{23}, q_{23} = 0,11$), Infrastruktūra ($X_{71}, q_{71} = 0,11$), Rinkos veiksmingumas ($X_{73}, q_{73} = 0,11$), Darbo rinkos veiksmingumas ($X_{74}, q_{74} = 0,11$), Technologinis pasirengimas ($X_{76}, q_{76} = 0,11$), Naujovės ($X_{78}, q_{78} = 0,11$) ir Rinkos dydis ($X_{79}, q_{79} = 0,11$).

Kiekybinė ir kokybinė informacija susijusi su alternatyvomis								
Kriterijai apibūdinantys alternatyvas	Matavimo vienetai	Kriterijaus svoris (svertinis koeficientas)	Palygintos alternatyvos					
			2007	2008	2009	2010	2011	2012
Lietuvos BVP (X_{81})	Min. Lt	2	0,3131 AVG MIN	0,3631 AVG MIN	0,3007 AVG MIN	0,3081 AVG MIN	0,3464 AVG MIN	0,3686 AVG MIN
Populiacija (X_{82})	Vnt	0,5	0,0862 AVG MIN	0,0852 AVG MIN	0,0845 AVG MIN	0,0834 AVG MIN	0,081 AVG MIN	0,0797 AVG MIN
Infliacijos lygis (X_{83})	Proc.	2	0,3919 AVG MIN	0,75 AVG MIN	0,2838 AVG MIN	0,0811 AVG MIN	0,277 AVG MIN	0,2162 AVG MIN
Nedarbo lygis (X_{84})	Proc.	0,5	0,0307 AVG MIN	0,0414 AVG MIN	0,0977 AVG MIN	0,127 AVG MIN	0,1091 AVG MIN	0,0942 AVG MIN
Statybos sąnaudų elementų kainų indeksas gruodžio mėn., palyginti su praėjusių metų gruodžio mėn. (X_{85})	Proc.	1	0,1884 AVG MIN	0,1637 AVG MIN	0,1425 AVG MIN	0,1716 AVG MIN	0,1641 AVG MIN	0,1698 AVG MIN
Statybos darbai (X_{86})	Min. Lt	1	0,2276 AVG MIN	0,2515 AVG MIN	0,1241 AVG MIN	0,1128 AVG MIN	0,1436 AVG MIN	0,1404 AVG MIN
Investicijos į statybos sektorių (X_{87})	Min. Lt	1	0,2165 AVG MIN	0,2295 AVG MIN	0,1338 AVG MIN	0,1194 AVG MIN	0,1486 AVG MIN	0,1531 AVG MIN
Suma svertinių koeficientų normalizuotų maksimuotų (projekto pliusų) susijusių su alternatyvomis			0,8424	0,9293	0,6431	0,6237	0,7196	0,7418
Suma svertinių koeficientų normalizuotų minimuotų (projekto minusų) susijusių su alternatyvomis			0,611	0,9551	0,524	0,3797	0,5502	0,4802
Alternatyvos reikšmingumas			1,3573	1,2587	1,2435	1,4523	1,2914	1,397
Alternatyvos prioritetiškumas			3	5	6	1	4	2
Alternatyvos naudingumo laipsnis, (%)			93,46%	86,67%	85,62%	100%	88,92%	96,19%

*- Simbolis „+(-)“ parodo, kad didesnė (mažesnė) kriterijaus reikšmė atitinka didesnę (mažesnę) reikšmingumą vartotojui (suinteresuotoms grupėms)

3.13 pav. Sugrupuota makroekonominė kriterijų sisteminė daugiakriterio vertinimo sprendimų priėmimo matrica (sudaryta autorės)

Fig. 3.13. Grouped macroeconomic subsystems criteria for multiple criteria decision making matrix (created by the author)

3.13 paveiksle kaip pavyzdys pateikiamas makroekonominė kriterijų sisteminė. Ši sisteminė sudaro tokie kriterijai: Lietuvos BVP ($X_{81}, q_{81} = 2$), Populiacija ($X_{82}, q_{82} = 0,5$), Infliacijos lygis ($X_{83}, q_{83} = 2$), Nedarbo lygis ($X_{84}, q_{84} = 0,5$), Statybos sąnaudų elementų kainų indeksas gruodžio mėn., palyginti su praėjusių metų gruodžio mėn. ($X_{85}, q_{85} = 1$), Statybos darbai ($X_{86}, q_{86} = 1$), Investicijos į statybos sektorių ($X_{87}, q_{87} = 1$).

Pirmiau pateikta daugiakriterė analizė (žr. <http://iti.vgtu.lt/ilearning/daugkrit.aspx?sistemid=622>) atlikta Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto krizės termometrai (CREST) sukurti, kuris analizuotų Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto pramonės konkurencingumą. Dalis šios analizės (makroekonominų kriterijų posistemio) rezultatai pateikiami 3.13 paveiksle.

Daugiakriterę makroekonominų kriterijų posistemio analizę Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto padalinio konkurencingumui 2007–2012 metų laikotarpiu įvertinti CREST atlieka panaudodama 3.12 paveiksle pateiktus duomenis (3.13 pav.). Visų kriterijų posistemų daugiakriterę analizę Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto padalinio konkurencingumui 2007–2012 metų laikotarpiu įvertinti CREST atlieka panaudodama 3.14 paveiksle pateiktus duomenis ir kitų septynių posistemų kriterijus, pateikiamus CREST tinklalapyje (3.14 pav. ir <http://iti.vgtu.lt/ilearning/daugkrit.aspx?sistemid=622>).

CREST nustato kiekvienų metų (alternatyvų) prioritetus ir reikšmingumus. Kuo aukštesnis Q_j , tuo efektyvesnis Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto sektorius (CRES), t. y. turi aukštesnį prioritetiškumą.

Be to, atliekant analizę svarbu nustatyti ne tik kiekvienų metų naudingumo laipsnį, bet ir įvertinti krizės temperatūros lygį CREST. Tokiu būdu tiksliau įvertinami teigiami ir neigiami nagrinėjamų metų bruožai. Šių savybių palyginimas su Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto filialo tikslais leidžia nustatyti galimos krizės temperatūros lygį.

Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto sektoriaus 2007–2012 metų laikotarpiu makroekonominų kriterijų posistemio analizės rezultatai (3.13 pav.) rodo kiekvienų metų (alternatyvų) reikšmingumus, prioritetinę poziciją. 2007 metai ($Q_4 = 1,452$, $N_4 = 100\%$, $T_4 = 36,6$ (CRES temperatūra)) yra patys konkurencingiausi Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto sektoriui. Svoris Q_j (3.14 pav. $Q_3 = 1,2435$, $N_3 = 85,62\%$, $T_3 = 33,97$) a_j rodo laipsnį, kurio trūksta iki visiško Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto sektoriaus konkurencingumo pasiekimo. Q_{\max} svoris visada yra aukščiausias ir nurodo aukščiausią efektyvumo lygį.

Naudodamiesi antrajame skyriuje pateiktomis temperatūros nustatymo formulėmis apskaičiuojame temperatūrą kiekvieniems analizės metams:

$$T_{2007} = 36,6^\circ + ((100\% - 81,46\%) : 200 \times 36,6^\circ) = 39,99^\circ.$$

$$T_{2008} = 36,6^\circ + ((100\% - 79,86\%) : 200 \times 36,6^\circ) = 40,28^\circ.$$

$$T_{2009} = 36,6^\circ - ((100\% - 83,88\%) : 200 \times 36,6^\circ) = 33,65^\circ.$$

$$T_{2010} = 36,6^\circ + ((100\% - 95,18\%) : 200 \times 36,6^\circ) = 37,48^\circ.$$

$$T_{2011} = 36,6^\circ + ((100\% - 96,28\%) : 200 \times 36,6^\circ) = 37,28^\circ$$

$$T_{2012} = 36,6^\circ + ((100\% - 100\%) : 200 \times 36,6^\circ) = 36,6^\circ.$$

Kiekybinė ir kokybinė informacija susijusi su alternatyvomis									
Kriterijai apibūdinantys alternatyvas	Matavimo vienetai	Kriterijaus svoris (svertinis koeficientas)	Palygintos alternatyvos						
			2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Butų įperkamumas (kiek galima įsigyti kv. m už vidutinį metinį darbo užmokestį) Vilniuje (X11)	Kv. m.	0,11	0,0121 AVG MIN	0,0148 AVG MIN	0,0187 AVG MIN	0,0211 AVG MIN	0,0211 AVG MIN	0,0222 AVG MIN	
Būsto kainų indeksai, palyginti su indeksu 2010 m. baziniu laikotarpiu (2010 m. = 100) (X12)	Indeksas	0,11	0,0214 AVG MIN	0,0233 AVG MIN	0,0165 AVG MIN	0,015 AVG MIN	0,0165 AVG MIN	0,0171 AVG MIN	
Šalies ūkio darbuotojų vidutinio realaus mėnesinio darbo užmokesčio indeksai (X13)	Proc.	1	0,1923 AVG MIN	0,1824 AVG MIN	0,1534 AVG MIN	0,1572 AVG MIN	0,1505 AVG MIN	0,1642 AVG MIN	
Labai didelė išlaidų būstui išlaikyti našta namų ūkiams (didieji miestai) (X21)	Proc.	0,5	0,065 AVG MIN	0,065 AVG MIN	0,0788 AVG MIN	0,0887 AVG MIN	0,0964 AVG MIN	0,106 AVG MIN	
Nedarbo lygis (X84)	Proc.	0,5	0,0307 AVG MIN	0,0414 AVG MIN	0,0977 AVG MIN	0,127 AVG MIN	0,1091 AVG MIN	0,0942 AVG MIN	
Statybos sąnaudų elementų kainų indeksas gruodžio mėn., palyginti su praėjusių metų gruodžio mėn. (X85)	Proc.	1	0,1884 AVG MIN	0,1637 AVG MIN	0,1425 AVG MIN	0,1716 AVG MIN	0,1641 AVG MIN	0,1698 AVG MIN	
Statybos darbai (X86)	Mln. Lt	1	0,2276 AVG MIN	0,2515 AVG MIN	0,1241 AVG MIN	0,1128 AVG MIN	0,1436 AVG MIN	0,1404 AVG MIN	
Investicijos į statybos sektorį (X87)	Mln. Lt	1	0,2155 AVG MIN	0,2295 AVG MIN	0,1338 AVG MIN	0,1194 AVG MIN	0,1486 AVG MIN	0,1531 AVG MIN	
Suma svertinių koeficientų normalizuotų maksimuotų (projekto pliusų) projekto pliusų susijusių su alternatyvomis			2,2807	2,2521	1,8397	1,6947	1,8197	1,8832	
Suma svertinių koeficientų normalizuotų minimizuotų (projekto minusų) susijusių su alternatyvomis			4,2137	4,3261	3,4299	2,7227	2,7643	2,6571	
			Alternatyvos reikšmingumas						
			4,8396	4,7445	4,9834	5,6549	5,7203	5,9412	
			Alternatyvos prioritetiškumas						
			5	6	4	3	2	1	
			Alternatyvos naudingumo laipsnis, (%)						
			81,46%	79,86%	83,88%	95,18%	96,28%	100%	

*. Simbolis „+(-)“ parodo, kad didesnę (mažesnę) kriterijaus reikšmę atitinka didesnę (mažesnę) reikšmingumą vartotojui (suinteresuotoms grupėms)

3.14 pav. Visų posisteminių daugiakriterio vertinimo rezultatai (sudaryta autorės)
Fig. 3.14. Results of all subsystems multiple criteria decision making
(created by the author)

Remiantis formulėmis buvo nustatyta, kad Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto rinkos pakilimas Lietuvoje nagrinėjamu laikotarpiu buvo 2007–2008 metais, o stagnacija – 2009 metais. Todėl gauta temperatūra 2007–2008 metų laikotarpiu yra labai aukšta ($T_{2007} = 39,99^\circ$, $T_{2008} = 40,28^\circ$), o 2009 metais – labai žema $T_{2009} = 33,65^\circ$. Šią tendenciją patvirtina ir atlikta detali svarbiausių Lietuvos statybos ir NT sektoriaus kriterijų analizė.

Nagrinėjami kriterijai yra įvairių dimensijų. Todėl juos visus pateikti viename grafike yra sudėtinga. Siekiant to išvengti, nagrinėjami kriterijai buvo normalizuoti (3.15 pav.). Metams, kuriais nagrinėjamo kriterijaus pirminiai statistiniai duomenys (3.6 lentelė) yra didžiausi, buvo priskirta 100 balų, kitų to paties kriterijų statistiniai duomenys perskaičiuoti proporcijos būdu.

3.15 paveiksle pateiktame nagrinėjamų santykinų kriterijų kitimo laike grafike matomas glaudus ryšys tarp Lietuvos BVP ir infliacijos, šalies ūkio darbuotojų vidutinio realaus mėnesinio darbo užmokesčio indeksų, investicijų į statybos sektorį, statybos darbų ir būsto kainų indeksų.

3.6 lentelė. Nagrinėjamų kriterijų statistiniai duomenys (sudaryta autorės)

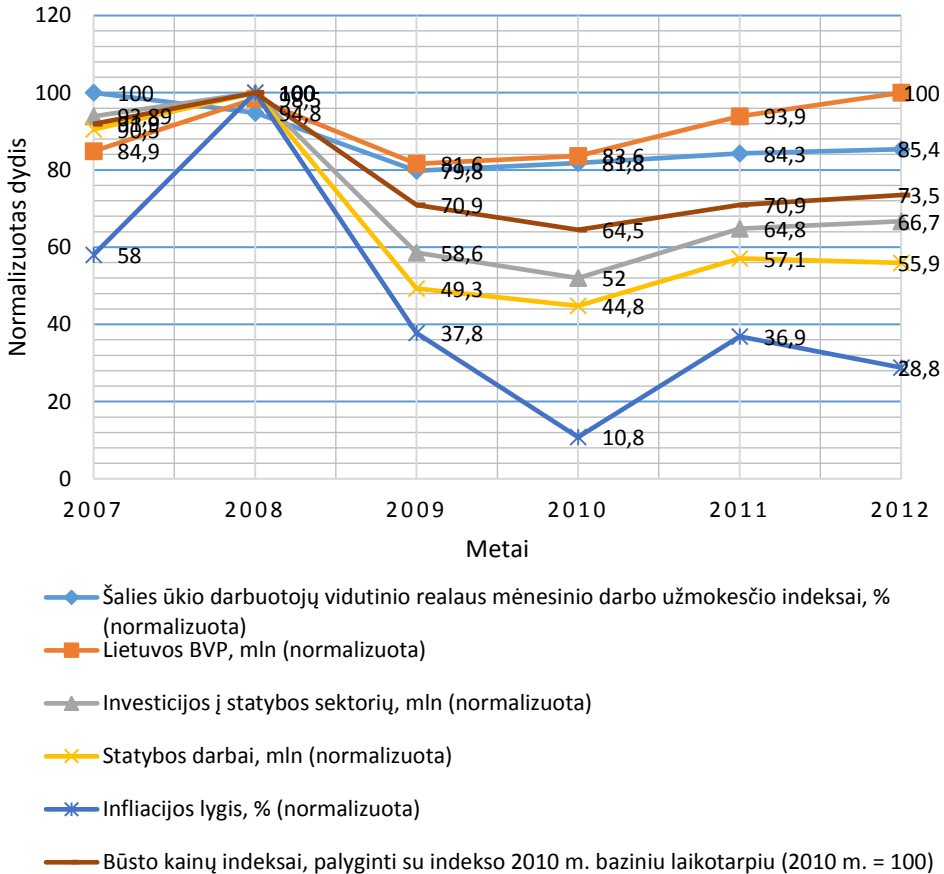
Table 3.6. The analyzed criteria statistical data (created by the author)

Nagrinėjami kriterijai	Kriterijų reikšmių palyginimas					
	2007 m.	2008 m.	2009 m.	2010 m.	2011 m.	2012 m.
Vartotojų pasitikėjimo rodiklis	-6	-51	-50	-26	-30	-16
Lietuvos BVP, mlrd. Lt	96,14	111,52	92,35	94,63	106,37	113,19
Kriterijai	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Infliacijos lygis, %	5,8	11,1	4,2	1,2	4,1	3,2
Statybos darbai, mlrd.	10,90	12,05	5,942	5,40	6,88	6,72
Investicijos į statybos sektorių, mlrd. Lt	20,31	21,63	12,61	11,26	14,01	14,43
Šalies ūkio darbuotojų vidutinio realaus mėnesinio darbo užmokesčio indeksai, palyginti su praėjusių metų atitinkamu ketvirčiu, %	116,3	110,3	92,8	95,1	98	99,3
Statybos sąnaudų elementų kainų indeksas gruodžio mėn.	115,5	100,4	87,4	105,2	100,6	104,1

BVP ir infliacija laikomi svarbiais ekonominiais rodikliais (What is the 2014). Infliacija veikia BVP netiesiogiai. Ji turi įtakos perkamajai galiai ir gamybos BVP (How does inflation 2014). BVP ir infliacija yra dažnai susiję vienas su kitu, nes vyriausybės ir centriniai bankai dažnai priima sprendimus remdamiesi šiais duomenimis ir bando jais manipuliuoti. Jei ekonomika neauga arba auga nepakankamai greitai, centrinis bankas gali sumažinti palūkanų normas, kad skolinimasis taptų patrauklesnis. Taip paskatinamos išlaidos ir BVP augimas (What is the 2014).

Iš 3.11 pav. pateikto infliacijos ir BVP grafikų ryšio galima teigti, kad kuo didesnis BVP, tuo aukštesnė ir infliacija. Idėja ta, kad auganti ekonomika didina BVP ir infliaciją, ir atvirkščiai. Taigi kuo didesnis BVP, tuo aukštesnė ir infliacija (Henderson 2007) – 2008 m. abu kriterijai pasiekė aukščiausią tašką, 2009 m. laikotarpiu matomas kriterijų kritimas, o 2011 m. laikotarpiu – kilimas.

Šalis ekonomiškai auga tada, kai kasmetinis BVP % augimas yra didesnis nei infliacijos % augimas, kitu atveju infliacija mažina BVP augimą (GDP vs inflation... 2011). Atsižvelgiant į tai, galima teigti, kad Lietuva labiausiai ekonomiškai augo 2010 m. ir 2012 m., o 2007–2009 m. bei 2011 m. infliacija mažino BVP augimą (3.15 pav.).



3.15 pav. Nagrinėjamų kriterijų kitimo tendencija 2007–2012 m. (sudaryta autorės)

Fig. 3.15. The fluctuations in the relative criteria between 2007 and 2012
(created by the author)

Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto sektoriaus analitinės sistemos pagrindu sukurta rekomendacinė sistema, kuri toliau aprašoma detaliau.

3.3.3. Praktinis rekomendacinės sistemos veikimo pavyzdys

Rekomendacinė statybos ir nekilnojamojo turto sektoriaus krizės valdymo sistema prieinama adresu <http://iti.vgtu.lt/ilearning/kapateikti.aspx?medid=8>. Šiuo metu sistema veikia tik anglų kalba. Sistema skirta politikams ir socialiniams partneriams.

Sistemą sudaro trys pagrindiniai klausimai (3.16 pav.).

LT | EN | RU | [Log in]

Krizės valdymo žinių sistema politikos formuotojams ir socialiniams partneriams

Ar jūs manote, kad jūsų šalies ekonomika, finansinės ir kokybinės tendencijos yra nestabios?

Ar jūsų šalyje yra atliekamas kokybinis būsto krizės vertinimas?

Ar jūsų šalyje atliekamas kiekybinis vertinimas prieš prasidedant būsto krizei?

3.16 pav. Pagrindiniai klausimai politikams ir socialiniams partneriams (sudaryta autorės)

Fig. 3.16. The main questions for politics and social partners (created by the author)

Politikams ar socialiniams partneriams pasirinkus jiems aktualų klausimą, sistema pateikia detalesnius klausimus, susijusius tik su jiems aktualia tema. Pavyzdžiui, jei politikas mano, kad jo šalyje yra suprastėjusi finansinė, ekonominė padėtis ir pasirenka pirmąjį klausimą, tuomet sistema nukreipia jį į detalesnį klausimyną (3.17 pav.).

Taip ▾	Ar įmonės investuoja į užsienio šalis?
Ne ▾	Ar jūsų šalyje egzistuoja didelė skolų našta?
Ne ▾	Ar jūsų šalyje yra daug įvairių profesijų, kurios turi įtakos nedarbo lygiui?
Taip ▾	Ar jūsų šalyje yra aukštas korupcijos lygis?
Ne ▾	Ar jūsų šalis prisitaiko prie besikeičiančių sąlygų?
Ne ▾	Ar jūsų šalyje didelis vartojimo laipsnis?
Ne ▾	Ar jūsų šalyje sunku gauti banko paskolą?

Gauti patarimus

3.17 pav. Detalesnių klausimų fragmentas politikams ir socialiniams partneriams (sudaryta autorės)

Fig. 3.17. The fragment of the detailed questions for politics and social partners (created by the author)

Atsakius į šiuos klausimus teigiamai sistema pateikia įžvalgas ir rekomendacijas (3.18 pav.).

Krizės valdymo žinių sistema politikos formuotojams ir socialiniams partneriams

Ar jūs manote, kad jūsų šalies ekonomika, finansinės ir kokybinės tendencijos yra nestabios?

Bei kuri bendrovė, kuri nusprendžia investuoti į kitą šalį, privalo įvertinti socialinius ir kultūrinius skirtumus. Tokiu būdu bus išvengta klaidų, panašių į "Rover" bendrovės 2004 m. Bulgarijoje padarytas klaidas. Bendrovės vadovai nepakankamai dėmesio skyrė demesio Bulgarijos visuomenės ir valdytojų analizei, kurie vis dar ilaikėsi komunistinės ideologijos (Elenkov, Fileva 2006).

Šaltinis:

1. Elenkov, D., Fileva, T. 2006. Anatomy of a business failure: accepting the "bad luck" explanation vs. proactively learning. *International Business Cross Cultural Management*13(2): 132–141.

Pastaroju metu šalyje vis dažniau kalbama apie šesėlinių aspektus: šesėlinę ekonomiką, šesėlines vyriausybes ir pan. Neseniai daugelis pasaulio politikų minėjo, kad didelės korporacijos ir mažesnių šalių bankai vis dažniau prisima vyriausybų vaidmenį. Pastaroju metu tai buvo pastebėta bankų sektoriuje. Dėl šios priežasties Vokietija ir Prancūzija bando reguliuoti bankų sektorių. Didžiosios korporacijos taip pat finansuoja pagrindines politines partijas. Tuo tarpu, kai partijos patenka į vyriausybę, jos bando priimti remsėjams palankius įstatymus.

Yra pulki progų išsilaikinti pėmelįg klestinčią biurokratinį aparatą ir atsakyti į kai kuriuos klausimus. Ko iš vyriausybės norime iš tikrųjų? Ką mes galime tai padaryti? Kokias teises vyriausybė nepastebimai "privatizuota"? Galbūt geriausia atsikratyti perteklinių vyriausybinių funkcijų - tada nebebus reikalo nerimauti dėl nesubalansuoto nacionalinio biudžeto. Kodėl visur žmogus imasi žingsnio - taisykles, pažymėjimai, leidimai (Chomentauskas 2009).

Šaltinis:

1. Chomentauskas, G. 2009. Kaip susijusi ekonominė krizė ir psichologija? *Psichologija tau*.

3.18 pav. Rekomendacijos politikams ir socialiniams partneriams (sudaryta autorės)
Fig. 3.18. Recommendations for politics and social partners (created by the author)

Taigi sistemos pateikiamos rekomendacijos padeda politikams ir socialiniams partneriams lengviau suprasti mezoaplinkos pokyčius, juos vertinti ir jais remiantis laiku priimti sprendimus, reikalingus siekiant užtikrinti efektyvią viešąją politiką.

3.3.4. Būsto kainos ir pajamų santykio dydžio optimizavimo sistema

Siekiant detaliau išanalizuoti mezoaplinką ir su būsto krize susijusius kriterijus, buvo sukurtos keturios Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto bei ekonominių rodiklių optimizavimo sistemos:

- būsto kainos ir pajamų santykio: <http://iti.vgtu.lt/imitacijosmain/simpletable.aspx?sistemid=3149>;
- nedarbo lygio: <http://iti.vgtu.lt/imitacijosmain/simpletable.aspx?sistemid=3146>;
- tikrosios palūkanų normos: <http://iti.vgtu.lt/imitacijosmain/simpletable.aspx?sistemid=3151>;
- nominalios palūkanų normos: <http://iti.vgtu.lt/imitacijosmain/simpletable.aspx?sistemid=3150>.

Kaip pavyzdį panagrinėsime pirmąją sistemą – būsto kainos ir pajamų santykio dydžio optimizavimo sistemą. Ji prieinama adresu <http://iti.vgtu.lt/imitacijosmain/simpletable.aspx?sistemid=3149>.

Sistema analizuoja 26 kriterijus, susijusius su nekilnojamojo turto bei statybų sektoriumi, nagrinėjamas 2005–2014 metų laikotarpis (3.7 lentelė).

Taikant antrajame skyriuje aprašytą COPRAS metodą apskaičiuojamas kiekvienų metų naudingumo laipsnis (pvz., $N_1 = (13,6516/16,1211) * 100 \% = 84,68 \%$, $N_2 = (15,3533/16,1211) * 100 \% = 95,24 \%$ ir t. t.)

Nustačius vertinamų metų naudingumo laipsnius, galima nustatyti, koks vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio dydis būtų racionaliausias. Naudojant 2.35 formulę apskaičiuojamas racionaliausias vertinamų metų būsto kainos ir pajamų santykio efektyvumo laipsnis:

$$E_{12} = 0;$$

$$E_{12} = 84,68 - 95,24 = -10,56;$$

$$E_{13} = 84,68 - 79,21 = 5,47;$$

$$E_{19} = 84,68 - 89,93 = -5,25;$$

$$E_{110} = 84,68 - 81,69 = 2,99;$$

$$E_{21} = 95,24 - 84,68 = 10,56;$$

$$E_{210} = 95,24 - 81,69 = 13,55;$$

$$E_{910} = 89,93 - 81,69 = 8,24.$$

3.7 lentelė. Sutrumpinta būsto kainos ir pajamų santykio optimizavimo sistema su daugiakriterės analizės vertinimo rezultatais (sudaryta autorės)

Table 3.7. Shortened housing price to income ratio optimization system with multi-criteria analysis results (created by the author)

Kiekybinė ir kokybinė informacija susijusi su alternatyvomis													
Kriterijai apibūdinantys alternatyvas	*	Matavimo vienetai	Svoris	Palygintos alternatyvos (metai)									
				2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Būsto kainos ir pajamų santykis	-	Procentai	0,42	3,5	7,6	11,3	11,9	9,2	8,4	9	9,2	10,5	12,91
Tikroji palūkanų norma	-	Indeksas	1,42	99	103	100,22	95,9	105,38	104,5	99,94	99,99	101,4	101
Nominali palūkanų norma	+	Procentai	2	3,1	1,2	6,02	7	9,58	5,7	4,04	3,2	2,6	2,675
...	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
Statybos darbai	+	Mln. Lt	0,21	5,919	7,876	10,903	12,046	5,942	5,401	6,878	6,724	7,285	8,421
Suma svertinių koeficientų normalizuotų maksimizuotų (projekto plusų) projekto plusų, susijusių su alternatyvomis				1,7101	1,5232	2,3285	2,5918	2,2287	2,1037	2,2663	2,3723	2,5629	2,6925
Suma svertinių koeficientų normalizuotų minimizuotų (projekto minusų), susijusių su alternatyvomis				12,4012	10,7077	14,1831	12,4461	10,6597	10,63	12,3534	12,3758	12,4074	14,1357
Alternatyvos prioritetiškumas				8	3	10	5	1	2	7	6	4	9
Alternatyvos naudingumo laipsnis, (%)				84,68 %	95,24 %	79,21 %	89,88 %	100 %	99,47 %	88,42 %	88,94 %	89,93 %	81,69 %

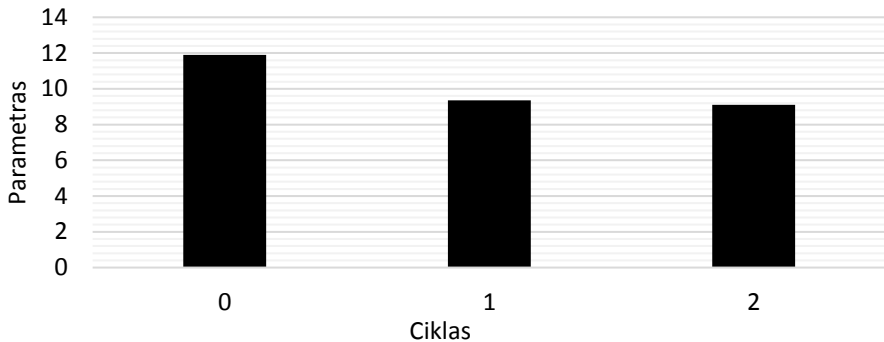
*Simbolis „+(-)“ parodo, kad didesnė (mažesnė) kriterijaus reikšmė atitinka didesnę (mažesnę) reikšmingumą vartotojui (suinteresuotoms grupėms)

Optimizuojamas 2008 metų būsto kainos ir pajamų santykio dydis. Naudojant optimizavimo metodo formules (žr. 2 skyrius) arba sukurtą sistemą, apskaičiuojama 2008 metų būsto kainos ir pajamų santykio dydžio patikslinta vertė (3.19 pav.):

$$d_{11ciklas1} = (3,5 + 7,6 + 11,3 + \mathbf{11,9} + 9,2 + 8,4 + 9 + 9,2 + 10,5 + 12,9)/10 = 9,35$$

$$d_{11ciklas2} = (3,5 + 7,6 + 11,3 + \mathbf{9,35} + 9,2 + 8,4 + 9 + 9,2 + 10,5 + 12,9)/10 = 9,095$$

$$d_{11ciklas3} = (3,5 + 7,6 + 11,3 + \mathbf{9,095} + 9,2 + 8,4 + 9 + 9,2 + 10,5 + 12,9)/10 = 9,0695$$



3.19 pav. Grafiškai pakoreguoti būsto kainos ir pajamų santykio dydžiai (sudaryta autorės)

Fig. 3.19. Revised changes graphically in housing prices and income ratio (created by the author)

Tuomet apskaičiuojama, ar pataisyta vertė buvo pakankamai tiksliai nustatyta (3.8 lentelė):

$$k_{accuracy1} = (1 - 9,35/11,9) * 100 = 21,42,$$

$$k_{accuracy2} = (1 - 9,095/9,35) * 100 = 2,73,$$

$$k_{accuracy3} = (1 - 9,0695/9,095) * 100 = 0,28.$$

3.8 lentelė. Pataisytos vertės tikslumas (sudaryta autorės)

Table 3.8. Accuracy of corrected value (created by the author)

Aproximavimo ciklas	Pataisyta vertė	Ar pataisyta vertė buvo tiksliai apskaičiuota
0	11,9	21,42 %
1	9,351	2,73 %
2	9,061	0,28 %

Taigi, šiuo atveju nustatyta, kad 2008 metų būsto kainos ir pajamų santykio dydis turėtų būti sumažintas nuo 11,9 proc. iki 9,0961 proc. siekiant, kad jis būtų vienodai racionalus, palyginti su kitų analizuojamų metų būsto kainos ir pajamų santykio dydžiais.

3.4. Mikroaplinkos saugaus ir sveiko būsto analitinė-rekomendacinė sistema

3.4.1. Saugaus ir sveiko būsto duomenų bazė ir duomenų bazės valdymo sistema

Didžiųjų duomenų statistinės analizės metodu LOGIT buvo nustatyta, kad būstas veikia žmogaus emocijas ir sveikatos būklę. Tyrimui atlikti buvo renkami vaizdo įrašų, balso įrašų duomenys, biometriniai, žmogaus ir aplinkos temperatūros duomenys. Išanalizavus didžiuosius duomenis LOGIT metodu patvirtinta, kad blogos gyvenimo sąlygos būste neigiamai veikia žmogaus emocijas, kelia stresą, mažina darbingumą, kenkia sveikatai.

Siekiant įvertinti būsto saugumo ir sveikumo lygį, būtina jį išnagrinėti remiantis baziniais visuomenės sveikatos rizikos veiksniais ir visuomenės sveikatos rizikos veiksniais pagal užsienio šalių patirtį. Tokiu principu sukurta saugaus ir sveiko būsto analitinė-rekomendacinė sistema. Reikėtų išskirti keletą tyrimo apribojimų. Pirmiausia kriterijų sistema pritaikyta Lietuvos atvejui. Antra – kriterijų reikšmingumai nustatomi subjektyviu būdu.

Sukurtą sistemą galima rasti adresu: <http://iti3.vgtu.lt/HOSS/simpletable.aspx?sistemid=605>. Sistemą sudaro penkios pagrindinės skiltys, leidžiančios nesunkiai atlikti saugaus ir sveiko būsto duomenų analizę bei gauti rekomendacijas.

Penkios pagrindinės skiltys yra šios:

1. Sistemos aprašas. Pateikiama vartotojo įvesta informacija apie sistemą, pavyzdžiui, sistemos pavadinimas.
2. Alternatyvų aprašymas. Pateikiamas alternatyvų (objektų) aprašymas ir visų kriterijų duomenų bazė. Kiekvienas kriterijus aprašytas skaitmeniniu, tekstiniu, grafiniu, lentelių, formulių, fotografijų, garso, vaizdo ir kitoku pavidalu. Pavyzdžiui, naudojant informacijos pateikimo skaitmeninę formą, pateikiami kriterijų matavimo vienetai, reikšmės, pradiniai reikšmingumai ir svarba. Naudojant informacijos tekstinę formą, pateikiama aprašomoji informacija apibūdinanti kriterijus ir alternatyvas. Tad saugaus ir sveiko būsto analitinė sistema sudaro sąlygas sprendimų priėmėjui gauti įvairią išsamią kiekybinę ir kokybinę informaciją apie būstą iš duomenų bazės ir, remiantis modelių baze, leidžia šiuos veiksnius

lanksčiai analizuoti ir įvertinti saugaus ir sveiko būsto sveikatingumo lygį, nustatyti jo sertifikavimo klasę.

3. Kelių alternatyvų vertinimo rezultatai. Čia pateikiami tam tikros pasirinktos objektų grupės skaičiavimo rezultatai, naudojant antrajame disertacijos skyriuje aprašomą saugaus ir sveiko būsto analitinį metodą.
4. Lentelių sujungimas. Ši skiltis suteikia galimybę atlikti skaičiavimus su keliomis pasirinktomis kriterijų grupėmis.
5. Rekomendacijos vartotojui. Čia pateikiami automatiškai sugeneruoti patarimai suinteresuotiems asmenims, kaip pagerinti alternatyvų konkurencingumą (pvz., kokie kriterijai turi didžiausią įtaką reitingavimui).

Ši sistema sudaro sąlygas įvertinti saugaus ir sveiko būsto lygį, t. y. nustato būsto energetinę klasę. Be to, ją gali naudoti tiek specialistai, tiek būsto gyventojai. Gyventojams suteikiama galimybė atsakyti į keletą esminių klausimų, tuomet sistema geba pateikti aktualias rekomendacijas, ką reikėtų pakeisti, kad būstas taptų saugesnis ir sveikesnis. Kalbant apie specialistus, jiems suteikiama galimybė prisijungti prie sistemos ir atlikti nuodugnų saugaus ir sveiko būsto saugumo ir sveikumo tyrimą. Lietuvos būstų rinkai ši saugaus ir sveiko būsto sistema, jos pritaikymas yra labai naudingas, nes nustatomi veiksniai, darantys didžiausią įtaką, sukeltys įvairius pavojus žmogaus sveikatai. Nustatomos priemonės, kurių reikia imtis, siekiant išvengti tam tikrų sveikatai rizikingų įvykių ir išsiaiškinti, kiek procentų tam tikrų prevencinių priemonių taikymas gali padėti išvengti pavojaus žmogaus sveikatai ir kt. Be to, saugaus ir sveiko būsto įvertinimas Lietuvos būstų rinkai suteiktų gerokai daugiau skaidrumo. Asmenys, kurie ruošiasi pirkti ar nuomotis nekilnojamąjį turtą, būtų užtikrinti kainos ir kokybės atitikimu. Be abejo, didinti Lietuvos būstų saugumą ir veikumą būtina, tai turi būti visos visuomenės rūpestis. Tad ši sukurta vertinimo sistema turėtų būti labai plačiai taikoma visų nekilnojamojo turto savininkų. Norint tai pasiekti, ši saugaus ir sveiko būsto vertinimo sistema turėtų būti prieinama visuose Lietuvos Respublikos „Butų ūkio“ tinklalapiuose, įvairių ūkinių veiklų svarbiausiuose tinklalapiuose arba bent jau turėtų būti pateikiamos nuorodos, kur galima rasti šią sistemą su priedais apie jos naudą.

3.4.2. Praktinės saugaus ir sveiko būsto analitinės-rekomendacinės sistemos veikimo pavyzdys

Kaip minėta, sistema pasiekama adresu <http://iti3.vgtu.lt/HOSS/simpletable.aspx?sistemid=605>. Šiame poskyryje pateikiamas praktinis sistemos veikimo pavyzdys.

Sukurtoje sistemoje jau pateikta informacija apie etaloninį ir vertinamą būstą ir sudaryta kriterijų duomenų bazė su nustatytais reikšmingumais/svarba (įvesti abiejų būstų ekspertų vertinimo rezultatai).

Pasirinktas sveikas (etaloninis) būstas – tai būstas, kuris labiausiai atitinka saugaus ir sveiko būsto kriterijus (3.20 pav.).



3.20 pav. Etaloninio saugaus ir sveiko būsto aplinka ir schema (sudaryta autorės)
Fig. 3.20. Etalon flat surrounding and etalon flat plan (created by the author)

Būstas yra Anglijoje. Siekiant gauti patikimus rezultatus, etaloniniam būstui, suteikiamas geriausias vertinimas (jei kriterijus minimizuojantis, jis vertinamas 1 balu, jei maksimizuojantis – 5 balais), todėl etaloninio ir vertinamo būsto situacija yra lygiavertė. Vertinamas būstas yra Vilniaus mieste, Fizikų g. 6 (3.21 pav.).

Analizuojant triukšmą buvo sukurta kriterijų duomenų bazė. Kiekvienas kriterijus įvertintas pagal reikšmingumą/svarbą (balais nuo 1 iki 5) ir įtaką gyvenimo kokybei. Pradinė duomenų matrica didiesiems miestams pateikta 3.9 lentelėje.



3.21 pav. Vertinamo saugaus ir sveiko būsto aplinka ir planas (sudaryta autorės)
Fig. 3.21. Evaluated housing surrounding and housing plan (created by the author)

Kaip matyti iš 3.9 lentelės, kai kurie vertinamo saugaus ir sveiko būsto rodikliai yra prastesni nei etaloninio būsto.

3.9 lentelė. Triukšmo pradinių duomenų matrica didmiesčiams (Vilniui, Kaunui, Klaipėdai, Šiauliams, Panevėžiui) (sudaryta autorės)

Table 3.9. Noise in large urban areas (Vilnius, Kaunas, Klaipėda, Šiauliai, Panevėžys) (created by the author)

Kriterijai, apibūdinantys alternatyvas	*	Matavimo vienetai	Kriterijaus svoris (svertinis koeficientas)	Palyginti būstai	
				Saugaus ir sveiko būsto etalonas	Vertinamas būstas
Autotransporto triukšmo įtaka	–	Balai	0,04	1	2
Geležinkelio triukšmo įtaka	–	Balai	0,015	1	1
Orlaivių triukšmo įtaka	–	Balai	0,015	1	1
Pramonės triukšmo įtaka	–	Balai	0,03	1	3

*Simbolis „+(-)“ parodo, kad didesnė (mažesnė) kriterijaus reikšmė atitinka didesnę (mažesnę) sveikumą vartotojui (suinteresuotoms grupėms).

3.10 lentelėje pateiktas daugiakriteris triukšmo vertinimas didmiesčiams, įvertinant kiekvienos alternatyvos reikšmingumą ir prioritetiškumą bei nustatant alternatyvos naudingumo laipsnį.

3.10 lentelėje pateikti daugiakriterio vertinimo rezultatai rodo, kad būsto, esančio Fizikų gatvėje, rodikliai yra žemesni nei etaloninio būsto. Todėl naudingumo laipsnis yra gerokai mažesnis, lyginant su etaloninio saugaus ir sveiko būsto naudingumo laipsniu. Taip pat sistema automatiškai būstą priskiria tam tikrai būsto saugumo ir sveikumo klasei. Etaloninis būstas priskiriamas A klasei, nes jo naudingumo laipsnis yra tarp 91–100 %. Vadinasi, reikalavimai tenkinami labai gerai. Vertinamas būstas priskiriamas prasčiausiai E klasei, nes jo naudingumo laipsnis yra 0–60 %, vertinant tik aplinkos triukšmo kriterijus. Vadinasi, reikalavimai neatitinka sveiko ir saugaus būsto reikalavimų.

Atsižvelgdama į daugiakriterio vertinimo rezultatus sistema pateikia rekomendacijas vartotojui (3.22 pav.).

3.10 lentelė. Didmiesčių triukšmo daugiakriteris vertinimas (sudaryta autorės)
Table 3.10. Multicriteria analysis of large urban areas (created by the author)

Kriterijai apibūdinantys alternatyvas	*	Matavimo vienetai	Kriterijaus svoris (svertinis koeficientas)	Palyginti būstai	
				Saugaus ir sveiko būsto etalonas	Vertinamas būstas
Autotransporto triukšmo įtaka	–	balai	0,04	0,0133	0,0267
Geležinkelio triukšmo įtaka	–	balai	0,015	0,0075	0,0075
Orlaivių triukšmo įtaka	–	balai	0,015	0,0075	0,0075
Pramonės triukšmo įtaka	–	balai	0,03	0,0075	0,0225
Suma normalizuotų maksimizuotų (projekto pliusų) svertinių koeficientų, susijusių su alternatyvomis				0	0
Suma normalizuotų minimizuotų (projekto minusų) svertinių koeficientų, susijusių su alternatyvomis				0,0358	0,0642
Alternatyvos reikšmingumas				0,0642	0,0358
Saugaus ir sveiko būsto sveikumo klasė				A(100 %)	E(55,76 %)

*Simbolis „+(–)“ parodo, kad didesnė (mažesnė) kriterijaus reikšmė atitinka didesnę (mažesnę) sveikumą vartotojui (suinteresuotoms grupėms).

Visi kiti veiksniai analizuojami analogiškai, tokiu pačiu principu pateikiami ir rezultatai bei rekomendacijos.

Daugiau rekomendacijų, kaip gerinti saugaus ir sveiko būsto kokybę, galima gauti naudojantis sukurta rekomendacine sistema <http://iti3.vgtu.lt/HOSSrekomendacijos/kapateikti.aspx>. Čia vartotojui pateikiamas klausimynas, siekiant išsiaiškinti saugaus ir sveiko būsto problemas. Vartotojui atsakius į pateiktą klausimyną, pateikiamos rekomendacijos.

Remdamasi saugaus ir sveiko būsto analitine sistema, disertantė sukūrė rekomendacinės sistemos koncepciją ir algoritmą. Sistema buvo suprogramuota informacinių technologijų specialistų. Prie sistemos galima prisijungti per internetą adresu <http://iti3.vgtu.lt/HOSSrekomendacijos/kapateikti.aspx>.

Dėl triukšmo rekomenduojama kreiptis į tokias įstaigas: dėl statybinio, transporto triukšmo – į Vilniaus savivaldybę, dėl buitinio – į viešosios tvarkos prižiūrėtojus. Vilniaus visuomenės sveikatos centro specialistai įsitikinę, kad geriausiai nuo triukšmo apsaugosime ir apsaugosime kitus, jei vadovausimės pagarbos vienas kitam principu, o susidūrę su triukšmu, su juo kovosime nekeldami dar didesnio triukšmo.

Šaltinis: Vilniaus visuomenės sveikatos centras 2013. [Interaktyvus]. Su triukšmu kovokime tyliai. Įžr. 2013 gegužės 5]. Prieiga per Internetą : <http://vilniausvsc.sam.lt/naujienos/su-triuksmu-kovokime-tyliai/>.

Triukšmą kontroliuoti ir mažinti gali kiekvienas. Norėdami patys apsaugoti nuo triukšmo ir jo sukeltiamų neigiamų padarinių sveikatai, venkite triukšmingų renginių, naudokite klausos apsaugos priemones (pjudami žolę, atlikdami statybos ar remonto darbus ir pan.). Norėdami nuo triukšmo apsaugoti kitus, atkreipkite dėmesį, ar mūsų keliami garsai netrikdo artimųjų, kaimynų.

Šaltinis: Vilniaus visuomenės sveikatos centras 2013. [Interaktyvus]. Su triukšmu kovokime tyliai. Įžr. 2013 gegužės 5]. Prieiga per Internetą : <http://vilniausvsc.sam.lt/naujienos/su-triuksmu-kovokime-tyliai/>.

3.22 pav. Triukšmo mažinimo rekomendacijos vartotojui (sudaryta autorės)
Fig. 3.22. Noise reduction recommendation for the user (created by the author)

Rekomendacinė sistema vartotojui pateikia pagrindinius klausimus, susijusius su būsto saugos ir sveikatos kriterijais. Klausimų pavyzdžiai pateikiami 3.23 paveiksle.

SAUGAUS IR SVEIKO BŪSTO ANALITINĖ-REKOMENDACINĖ

SISTEMA

[LT](#) | [EN](#) | [RU](#) | [[Prisijungti](#)]

[Ar Jūsų būste yra drėgmė ar pelėsis?](#)

[Ar Jūsų būsto vidaus temperatūra per žema?](#)

[Ar Jūsų būsto vidaus temperatūra per aukšta?](#)

[Ar Jūsų būste yra asbesto ar dribtinių mineralinių pluoštų?](#)

[Ar Jūs naudojate biocidus?](#)

[Ar Jūs namuose yra anglies viendegini ar kuro degimo produktus galinčių išskirti šaltiniu?](#)

3.23 pav. Saugaus ir sveiko būsto rekomendacinės sistemos klausimų fragmentas (sudaryta autorės)

Fig. 3.23. The questions fragment asked by the recommender system for housing health and safety (created by the author)

Vartotojui pasirinkus jam aktualų klausimą, pvz., „Ar Jūsų būste yra drėgmė ar pelėsis?“ ir suaktyvinus jo nuorodą, sistema pateikia dar daugiau detalesnių klausimų, susijusių tik su vartotojo pasirinktu. Čia vartotojas gali atsakyti į klausimus, pasirinkdamas atsakymo variantus „Taip“ arba „Ne“ (3.24 pav.).

SAUGAUS IR SVEIKO BŪSTO ANALITINĖ-

REKOMENDACINĖ SISTEMA

[LT](#) | [EN](#) | [RU](#) | [[Prisijungti](#)]

Ar patalpose didelė drėgmė?

Ar patalpose kaupiasi kondensatas?

Ar patalpose yra pelėsio?

Ar patalpos oras per sausas?

Ar pastato konstrukcijos apsaugo nuo drėgmės?

Gauti patarimus

3.24 pav. Papildomi klausimai vartotojo pasirinktam klausimui „Ar Jūsų būste yra drėgmė ar pelėsis?“ (sudaryta autorės)

Fig. 3.24. Further questions asked when the user selects the question “Is your home affected by damp or mould?” (created by the author)

Vartotojui paspaudus mygtuką „Gauti patarimus“ sistema automatiškai juos pateikia (3.25 pav.).

SAUGAUS IR SVEIKO BŪSTO ANALITINĖ-REKOMENDACINĖ SISTEMA

[LT](#) | [EN](#) | [RU](#) | [[Prisijungti](#)]

Palaikykite kambariuose drėgmę iki 50%.

-

Kondensatas kaupiasi ant šaltų sienų ir langų stiklo, tad pirmiausia reikalinga gera ventilacija. Jeigu name labai drėgna, gali neužtekti mikroventiliacijos – prireiks įrengti ventilacijos sistemą. Jeigu pelėsis įsimeta ant betoninio paviršiaus, reikia sienas ištepti specialiomis priemonėmis ir tik tada jas apšiltinti.

-

Normalizuoti oro drėgmę padeda patalpose auginami augalai bei kambarinės gėlės.

-

Esant per didelei drėgmei naudokite elektrinius drėgmės rinkiklius.

-

Kartais dėl per didelio drėgmės kiekio kalti pamatai, neturintys hidroizoliacijos. Dažniausiai tai būdinga senos statybos namams, tačiau šiuo atveju nepadaeda nei sienų restauravimas, nei pamatų izoliavimas. Jei iš tiesų kalti pamatai, reikia naudoti brangiai kainuojančią specialią sistemą, sugebančią sustabdyti drėgmės kylimą.

3.25. pav. Saugaus ir sveiko būsto rekomendacijos vartotojui (sudaryta autorės)

Fig. 3.25. Safe and healthy housing recommendations for the user
(created by the author)

Pasirinkus kitus vartotojui aktualius klausimus, sistema analogiškai pateiks būdus, kaip vartotojui reikėtų valdyti, prižiūrėti savo būstą.

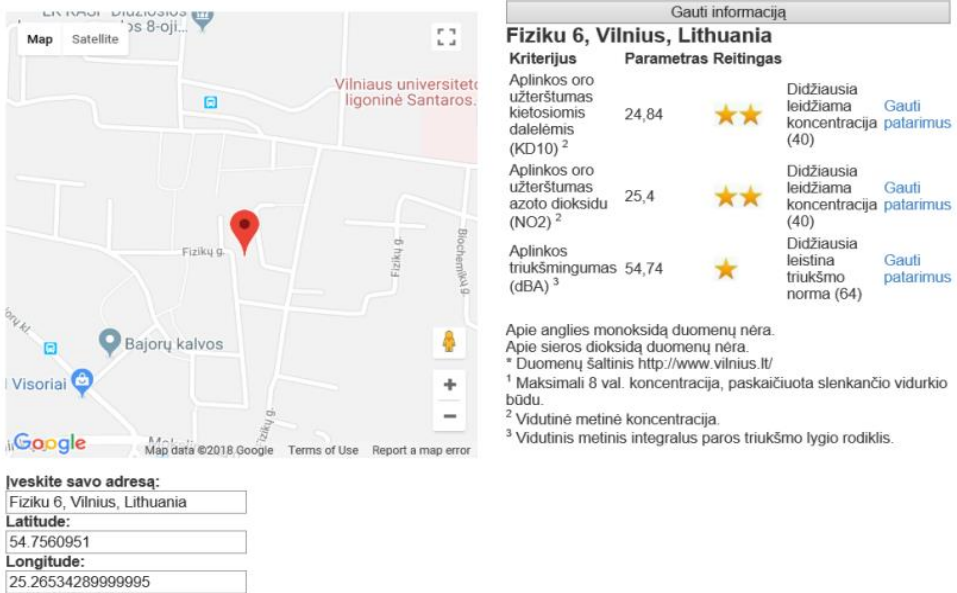
Rekomendacinėje sistemoje susipina vadybos mokslo, informatikos, operacijų vadybos, ekonomikos, sveikatos apsaugos teorijos, apimant netgi psichologiją, žinių vadybą, švietimą, kokybės vadybą ir sveikatos mokslus. Pasitelkdami šią sistemą, suinteresuoti asmenys gali lengviau priimti sprendimus.

Iš praktikos žinome, kad būsto sveikata priklauso ne tik nuo vidinių jo veiksnių, bet ir nuo išorinės aplinkos taršos. Todėl toliau pateikiama sukurta sistema, kuri analizuoja aplinkos taršą pagal būsto adresą ir pateikia rekomendacijų vartotojui, kaip ją sumažinti.

3.5. Mikroaplinkos saugaus ir sveiko būsto aplinkos užterštumo nustatymo sistema pagal būsto adresą

Saugaus ir sveiko būsto vertinimo sistemoje integruoti skaitmeniniai žemėlapiai, kurie pateikia informaciją apie vertinamo saugaus ir sveiko būsto aplinkos kokybę

(pateikiami taršos (SO₂, KD₁₀, KD_{2,5}, O₃, CO ir NO₂) duomenys ir triukšmo lygio duomenys). Šia sistema yra paprasta naudotis, ji prieinama kiekvienam gyventojui ir specialistui. Prie sistemos galima prisijungti per internetą adresu <http://iti3.vgtu.lt/ilearning/zemelapis.aspx>. (3.26 pav.).



3.26 pav. Informacija apie vertinamo objekto užterštumą (CO, NO₂, KD₁₀, KD_{2,5}, O₃, SO₂) ir aplinkos triukšmingumą (sudaryta autorės)

Fig. 3.26. Information about contamination of the measured object (CO, NO₂, KD₁₀, KD_{2,5}, O₃, SO₂) and environment noise (created by the author)

Atsidariusiame lange vartotojas turi įvesti vertinamo objekto adresą. Tuomet gaunamos vertinamo saugaus ir sveiko būsto koordinatės. Paspaudus nuorodą su užrašu „Gauti informaciją“, sistema automatiškai iš skaitmeninių žemėlapių pateikia duomenis apie CO, NO₂, KD₁₀, KD_{2,5}, O₃, SO₂ rodiklius ir aplinkos triukšmingumą. Vartotojui pateikiami vertinamo objekto zonos parametrai, didžiausia leidžiamoji koncentracija ir patarimai (3.26 pav.).

Sistema gali pateikti rekomendacijas, jeigu nustatytas parametras viršija didžiausią leidžiamąją koncentraciją ar yra netoli ribos. Paspaudus mygtuką „Gauti patarimus“ pateikiami klausimai, pagal kurių atsakymus bus pateikiamos atitinkamos rekomendacijos (3.27 pav.).

SAUGAUS IR SVEIKO BŪSTO ANALITINĖ-REKOMENDACINĖ SISTEMA

LT | EN | RU | [Prisijungti]

- Ar jūsų namuose yra garažas?
- Ar namuose naudojate dujinę viryklę/orkaitę?
- Ar jūsų namuose yra židinyš?
- Ar namus šildote autonomiškai?
- Ar namuose gaminatė elektrą patys?
- Ar patalpose naudojate dujinius prietaisus?
- Ar šalia yra judri transporto gatvė?
- Ar jūsų pastatė yra centrinis šildymas?
- Ar jūsų namo sistemos prižiūrimos specialistų?
- Ar įtariate staiga padidėjusią CO koncentraciją lauke?

Gauti patarimus

Tarp vidinio garšo ir gyvenamųjų patalpų turi būti vėdinamas koridorius.

Šaltinis: The Office of the Deputy Prime Minister 2006. *Housing health and safety rating system: operating guidance*, Office of the Deputy Prime Minister: London, 185 p.

Niekada nenaudokite propano, gamtinių dujų ar anglies grilio viduje arba garaže.

Šaltinis: Canada Mortgage and Housing Corporation 2011. [Interaktyvus] Carbon Monoxide [žr. 2013-07-19]. Prieiga per internetą: http://www.cmhc-schl.gc.ca/en/co/maho/ychoyohe/inaiqu/inaiqu_002.cfm.

Nepalikite įjungto automobilio variklio garaže.

Šaltinis: United States Environmental Protection Agency 2013. [Interaktyvus] An Introduction to Indoor Air Quality (IAQ) [žr. 2013 m. liepos 18 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.epa.gov/iaq/co.html>

Niekada nenaudokite generatoriaus namuose, garažuose, palėpėse, ar panašiose vietose. Mirtinas anglies monoksido kiekis gali greitai susidaryti šiose srityse ir laikytis net kelias valandas po to, kai generatorius buvo išjungtas.

Šaltinis: United States Environmental Protection Agency 2013. [Interaktyvus] An Introduction to Indoor Air Quality (IAQ) [žr. 2013 m. liepos 18 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.epa.gov/iaq/co.html>.

3.27 pav. Rekomendacijų fragmentas vartotojui (sudaryta autorės)
Fig. 3.27. Recommendations fragment for users (created by the author)

Šis užterštumo žemėlapis leidžia suinteresuotiems asmenims gauti daugiau informacijos apie būstų aplinką, kuri gali būti naudinga priimant reikiamus sprendimus siekiant sumažinti aplinkos taršą.

Disertantė sukūrė šios sistemos koncepciją ir algoritmą. Pati sistema buvo suprogramuota informacinių technologijų specialistų.

3.6. Mikroaplinkos energijos taupymo studentų bendrabučiuose rekomendacinė sistema

Sukurta mikroaplinkos energijos taupymo studentų bendrabučiuose rekomendacinė sistema, prieinama adresu <http://iti.vgtu.lt/ilearning/kapateikti.aspx?medid=10>.

Šios rekomendacinės sistemos rezultatai buvo panaudoti įgyvendinant projektą SAVES. Disertantė sukūrė šios sistemos koncepciją ir algoritmą. Pati sistema buvo suprogramuota informacinių technologijų specialistų.

Energijos taupymo studentų bendrabučiuose rekomendacinė sistema susideda iš dviejų pagrindinių klausimų: 1. Ar žinote, kaip taupyti energiją? 2. Ar žinote, kaip energijos švaistymas veikia klimato pokyčius?

Kiekvieną šių klausimų sudaro detalesni klausimai.

Paspaudus ant klausimo „Ar žinote kaip taupyti energiją?“ išsiskleidžia 32 detalesni klausimai (pvz., „Ar naudojate senus prietaisus?“, „Ar paliekate neišjungtus elektros prietaisus, kai išeinate?“ ir pan.), į kuriuos pateikiami du galimi atsakymai: 1. Ne; 2. Taip.

Atsakius į visus pateiktus klausimus spaudžiamas mygtukas „Gauti patarimus“.

Tuomet išsiskleidžia naujas langas su patarimais, kaip taupyti energiją (3.28 pav.).

Senus elektros prietaisus pakeiskite naujais, energiją taupančiais buitinais prietaisais (šaldytuvai, šaldikliai, skalbimo mašinos, indaplovės, orkaitės, oro kondicionieriai ir kt.), kurie yra aukštos efektyvumo klasės. Efektyvumo klasė žymima raidėmis n uo A iki G. A klasės buitiniai prietaisai – ekonomiškiausi, o G klasės – mažiausiai ekonomiški. Ekonomiškiausi šaldytuvai yra A+ ir A++ klasės (Prieiga per internetą: http://www.enmin.lt/lt/activity/veiklos_kryptys/energijos_efektyvumas/Energijos_taupymas.pdf).

3.28 pav. Rekomendacijos fragmentas klausimui „Ar naudojate senus prietaisus?“, atsakius į klausimą teigiamai (sudaryta autorės)

Fig. 3.28. Recommendation fragment for the question “Do you use old equipment?”, if the answer is a positive (created by the author)

Rekomendacijas sistema pateikia tik tuo atveju, jei į pateiktą klausimą atsakoma teigiamai, t. y. „Taip“.

Tame pačiame lange, po rekomendacijų, sistema prašo pateikti atsiliepimą (iki pastraipos) apie rekomendacinę sistemą. Čia svarbu nurodyti „Naudingumo įvertinimą“, kuris vertinamas balais nuo 1 iki 5 (5 – puikiai, 4 – labai gerai, 3 – gerai, 2 – vidutiniškai, 1 – labai blogai). Taip pat prašoma pateikti asmeninį elektroninio pašto adresą. Užpildžius visus laukus, spaudžiama „Pateikti“. Analogiški veiksmai atliekami norint gauti patarimų į kitus klausimus gauti ir pateikti atsiliepimą.

Sistema sudaro sąlygas įvertinti energijos vartojimo efektyvumą ir teikia rekomendacijas bendrabučių gyventojams, kaip reikėtų organizuoti savo veiklą, kad būtų taupoma elektros energija.

Visos sukurtos sistemos buvo integruotos į vieną integruotą BDHOSS sistemą. Toliau trumpai aprašoma sukurtoji integruota BDHOSS analitinė-rekomendacinė sistema.

3.7. Integruota BDHOSS sistema (virtualus saugaus ir sveiko būsto turas)

Šiame poskyryje aprašoma sukurta integruota saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinė-rekomendacinė sistema (integruota BDHOSS). Sistema sudaro sąlygas sprendimų priėmėjui gauti įvairią išsamią kiekybinę ir kokybinę informaciją apie saugų ir sveiką būstą bei jo aplinką iš duomenų bazės. Remdamasi modelių baze, sistema leidžia šiuos veiksnius lanksčiai analizuoti ir priimti sprendimą. Taigi ši sistema yra sudaryta iš duomenų bazės ir duomenų bazės valdymo sistemos, modelių bazės ir modelių bazės valdymo sistemos, vartotojo sąsajos.

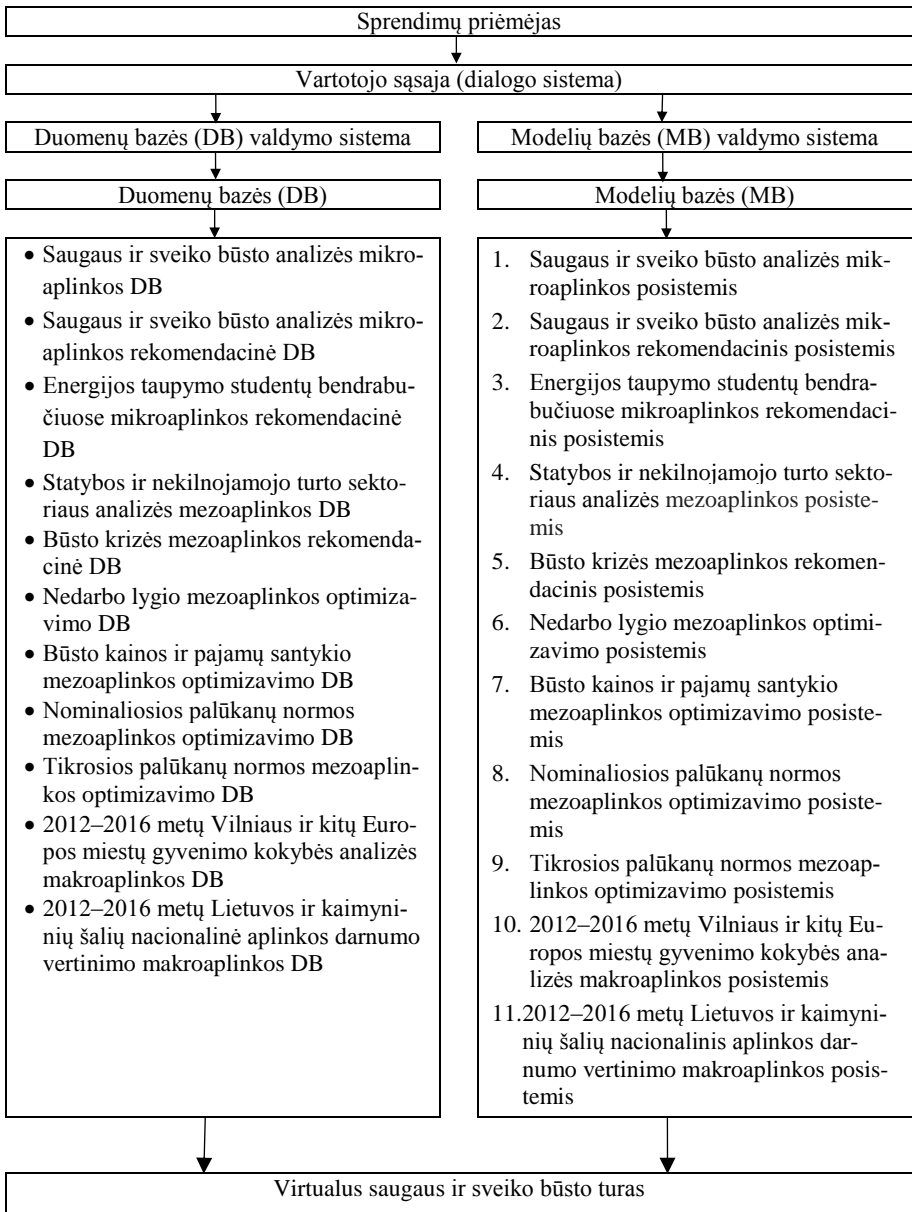
Integruota BDHOSS sistema įvertina bazinius visuomenės sveikatos rizikos veiksnius ir visuomenės sveikatos rizikos veiksnius pagal užsienio šalių patirtį (COPRAS, saugaus ir sveiko būsto analitinis metodas) (mikroaplinka), padeda prognozuoti būsto poveikį žmogaus emocijoms, sveikatai (LOGIT) (mikroaplinka), analizuoja aplinkos taršą pagal adresą (mikroaplinka), pateikia būsto valdymo ir energijos taupymo rekomendacijas (mikroaplinka), analizuoja Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto sektorių (CREST) (mezoaplinka), optimizuoja svarbiausius Lietuvos ekonominius rodiklius (mezoaplinka), vertina Lietuvos ir kaimyninių šalių aplinkos darnumą, Vilniaus ir kitų Europos miestų gyvenimo kokybę (INVAR) (makroaplinka) (3.29 pav.).

Integruotoje BDHOSS sistemoje informacija, reikalinga sprendimams priimti, pateikiama skaitmenine, tekstine, grafine (schemos, grafikai, diagramos, piešiniai, brėžiniai), formulių, fotografijos formomis. Pavyzdžiui, naudojant informacijos pateikimo skaitmeninę formą, pateikiama variantus išsamiai apibūdinanti kriterijų sistema, matavimo vienetai, reikšmės ir pradiniai reikšmingumai. Naudojant informacijos tekstinę formą, pateikiamas alternatyvų ir jas išsamiai apibūdinančių kriterijų koncepcinis aprašymas, priežastys ir pagrindimas, kuriais remiantis buvo nustatyti konkretūs kriterijų reikšmingumai, reikšmės ir pan.

Integruotai BDHOSS sistemai sukurti buvo pasirinktas butas ir sukurtas virtualus turas, kuris prieinamas per internetą adresu http://iti.vgtu.lt/imitacijos-main/Integruota_bdhooss.swf. Iš vieno į kitą patalpą bute galima patekti paspaudus raudoną apskritimą.

Bute yra įdėti papildomi elementai (piktogramos) su informacija apie objekte ir konkrečioje vietoje galimas problemas, su kuriomis susiduriama eksploatuojant būstą, tokias kaip pelėsis, šilumos trūkumas ir pan.

Objekte kiekviena problemos grupė apibūdinama skirtingu elementu. Jį paspaudus rodomas paveikslas su atvaizduota problema.



3.29 pav. Integruotos daugiakriterės sprendimų paramos sistemos sudedamosios dalys (sudaryta autorės)

Fig. 3.29. Integrated multicriteria decision support system constituents parts (created by the author)

Taip pat prie būste yra informacinė „i“ piktograma, kuri nukreipia vartotoją į sprendimo paramos ir rekomendacines sistemas: Saugaus ir sveiko būsto analizės mikroaplinkos DB, Saugaus ir sveiko būsto analizės mikroaplinkos rekomendacinė DB, Energijos taupymo studentų bendrabučiuose mikroaplinkos rekomendacinė DB, Statybos ir nekilnojamojo turto sektoriaus analizės mezoaplinkos DB, Būsto krizės mezoaplinkos rekomendacinė DB, Nedarbo lygio mezoaplinkos optimizavimo DB, Būsto kainos ir pajamų santykio mezoaplinkos optimizavimo DB, Nominaliosios palūkanų normos mezoaplinkos optimizavimo DB, Tikrosios palūkanų normos mezoaplinkos optimizavimo DB, 2012–2016 metų Vilniaus ir kitų Europos miestų gyvenimo kokybės analizės makroaplinkos DB, 2012–2016 metų Lietuvos ir kaimyninių šalių nacionalinė aplinkos darnumo vertinimo makroaplinkos DB.

Virtualiam turui sukurti buvo panaudota programinės įrangos KOLOR kompanijos produktas „Autopano Giga 3.0“ (panoraminiams nuotraukoms kurti) ir „Panotour Pro 1.8“ (virtualiajam pasivaikščiavimui iš turimų panoraminių nuotraukų projektuoti). Virtualieji turai kuriami sujungiant nuotraukas į 3D (sferines) panoramas, o atskiras panoramas galima sujungti į vieną sistemą. Tokiu būdu suteikiama galimybė tiesiogiai pereiti iš vienos panoramos į kitą. Naudojant pelę arba klaviatūros rodykles ←↓→ galima apžiūrėti visą erdvę aplink, taip pat pritraukti ar nutolinti objektus.

Vartotojas tiesiogiai eina iš vieno apžiūros taško į kitą, taip apeidamas visą virtualaus turo objektą. Tokiu būdu sudaromas vientisos ekskursijos (turo), kuriame galima sudalyvauti net neišėjus iš namų, įspūdis (pvz., iš vieno kambario į kitą, apžvelgdamas visą butą). Taip pat yra galimybė papildyti vaizdus tam tikrais objektais, leidžiančiais į turus ar atskiras panoramas įtraukti papildomą juose esančių svarbių objektų aprašymą (pvz., paspaudus ant sienoje esančio papildomo objekto, parodoma informacija apie statant ir paruošiant sieną naudotas medžiagas), nuotraukas, garso takelius ar net vaizdo klipus, *flash* ar kitus daugialypės terpės (multimedijos) elementus.

Integruota sistema suteikia galimybę sužinoti, dėl kokios priežasties atsirado problema. Kiekviena problemos grupė turi savo nuorodą, todėl, paspaudus prie problemos paveikslo, esančios „i“ piktogramos, bus iškart nukreipiama į reikiamą grupę sistemoje.

Taigi integruotos BDHOSS sistemos paskirtis – pateikti suinteresuotiems asmenis kuo daugiau informacijos apie būsto mikro-, mezo- ir makroaplinkas, palengvinti didžiųjų duomenų analizę, padėti priimti svarbius sprendimus, susijusius su efektyviu būsto ir jo aplinkos valdymu, kontrole.

Virtualiame ture integruoti daugiakriteriai vertinimai ir rekomendacijų teikimo posistemiai.

3.8. Trečiojo skyriaus išvados

1. Saugaus ir sveiko būsto makroaplinkos vertinimui atlikti išanalizuotas Lietuvos ir kaimyninių šalių nacionalinės aplinkos darnumas bei Vilniaus ir kitų Europos miestų gyvenimo kokybės lygis bei naudojant INVAR metoda optimizuoti kriterijai, turintys didžiausią reikšmingumą. Sukurtos ir patikrintos Lietuvos ir kaimyninių šalių nacionalinės aplinkos darnumo vertinimo bei Vilniaus ir kitų Europos miestų gyvenimo kokybės analizės sistemos. Nustatyta, kad INVAR metodas papildo nagrinėjamų šalių ar miestų kriterijus naujomis funkcijomis: kiekybinių rekomendacijų teikimu, kriterijų optimizavimu atsižvelgiant į analizuojamoje srityje pasiektus kriterijus ir analizuojamų kriterijų reikšmių nustatymu, leidžiančiu analizuojamoms šalims ar miestams pakelti reitingą iki pageidaujamo lygio.
2. Saugaus ir sveiko būsto mezoaplinkos analizei atlikti sukurtas statybos ir nekilnojamojo turto sektoriaus vertinimo metodas (CREST) bei sistema, kurie gali būti pritaikyti Lietuvos statybos ir NT rinkos tendencijų analizei atlikti, nustatyti krizės ir stagnacijos laikotarpius anksčiau, nei jie prasideda bei teikti rekomendacijas. Sukurtos kainų ir pajamų santykio, nedarbo lygio, realiosios ir nominaliosios palūkanų normos dydžių optimizavimo sistemos, kurios gali būti naudojamos siekiant nustatyti racionalų kriterijaus dydį ir leistų nagrinėjamam objektui būti vienodai konkurencingu, palyginti su kitomis lyginamosiomis alternatyvomis.
3. Sukurta ir patikrinta CREST rekomendacinė sistema, pateikianti individualias rekomendacijas įvairioms suinteresuotoms grupėms – politikos formuotojams, nekilnojamojo turto įmonių vadovams, akcininkams ir NT projektų dalyviams. Personalizuotų rekomendacijų pateikimo įrankis leidžia saugaus ir sveiko būsto rinkos dalyviams (klientams, nuomininkams, vyriausybės pareigūnams, finansų įstaigoms, draudimo įmonėms, nekilnojamojo turto sektoriuje veikiančioms įmonėms, kūrėjams, investuotojams) prisidėti prie veiksmingos ir prieinamos saugaus bei sveiko būsto rinkos kūrimo.
4. Saugaus ir sveiko būsto mezoaplinkos analizei atlikti sukurta analitinė-rekomendacinė sistema, kuri leidžia nustatyti saugaus ir sveiko būsto sveikumo lygį bei automatizuotai pateikti rekomendacijas. Sistemą gali naudoti tiek specialistai, tiek būsto gyventojai. Lietuvos būstų rinkai ši saugaus ir sveiko būsto sistema, jos pritaikymas yra labai naudingas, nes nustatomi veiksniai, darantys didžiausią įtaką, sukeltys įvairių pavojų žmogaus sveikatai. Nustatomos priemonės, kurių reikia imtis, siekiant išvengti sveikatai rizikingų įvykių ir išsiaiškinti, kokia procentine apimtimi tam tikrų prevencinių priemonių taikymas gali padėti išvengti pavojaus žmogaus

sveikatai. Sukurtas interaktyvus taršos žemėlapis, kuris gali būti naudojamas rekomendacijoms gauti, jei rodikliai yra netoli kritinės ribos arba jeigu jie viršiją leidžiamąją normą. Sukurta studentų bendrabučių energijos taupymo rekomendacinė sistema sudaro sąlygas įvertinti energijos vartojimo efektyvumą ir pateikti rekomendacijas bendrabučių gyventojams, kaip reikėtų organizuoti savo veiklą, kad būtų taupoma elektros energija.

5. Sukurtos sistemos integruotos į vieną bendrą sistemą – integruotą saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinę-rekomendacinę sistemą (integruotą BDHOSS) (t. y. virtualų turą), kuri sudaro sąlygas įvertinti mikro-, mezo-, makroaplinkos veiksnius ir laiku pateikia rekomendacijas kaip užtikrinti būsto saugumą ir sveikumą visoms statybos ir nekilnojamojo turto rinkos vystymuisi suinteresuotoms grupėms. Taip užtikrinant efektyvų ir greitą politikų, verslo atstovų, gyventojų ir kitų suinteresuotų grupių sprendimų priėmimą.

Bendrosios išvados

1. Mokslinių tyrimų analizė parodė, jog saugaus ir sveiko būsto tema yra labai aktuali šių dienų kontekste, nes turi didelę įtaką žmonių, o ypač vaikų sveikatai. Problema turi būti analizuojama visapusiškai ir kompleksiskai, tiriant ne tik būsto vidų, bet ir išorinę aplinką.
2. Literatūroje aptikti įvairūs saugaus ir sveiko būsto vertinimo modeliai. Deja nėra sukurto integruoto modelio, kuris vertintų Lietuvos ir užsienio šalių patirtį. Taip pat neaptiktas modelis, kuris atsižvelgtų ir analizuotų saugų ir sveiką būstą mikro-, mezo- ir makro- aplinkose.
3. Literatūros analizė parodė, kad praktikoje sprendžiant saugaus ir sveiko būsto problemas nekilnojamojo turto srityje dažniausiai taikomi integruoti didžiųjų duomenų analizės metodai bei algoritmai, įvairūs MCDM metodai, o tyrimų rezultatai skelbiami ekonomikos, informatikos, vadybos sričių žurnaluose. Tai leidžia, teigti, jog nagrinėjama problema yra tarpdisciplininė.
4. Atliktas saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų mikro-, mezo-, makrolygmenyse vertinimas ir INVAR metodo patikimumo analizė:
 - 4.1. Siekiant įvertinti Lietuvos ir kaimyninių šalių aplinkos tvarumą 1991–2016 m. laikotarpiu pritaikytas INVAR metodas. Tyrimo metu

buvo nustatyta didelė koreliacinė priklausomybė tarp makroekonomikos rodiklių, darbo našumo, verslo lengvumo bei aplinkos poveikio ir ekologinio pėdsako indeksų, ir žmogaus vystymosi indekso. Tyrimai parodė, kad kuo aukštesnis yra laimės, švietimo ir socialinio progreso indeksų lygis, tuo geresnis ekologinio pėdsako vienam gyventojui rodiklis. Rezultatai rodo, kad Lietuva ir kaimyninės šalys gali pagerinti savo ekologinio pėdsako, aplinkos poveikio indekso ir gyvenimo kokybės indekso reikšmes, užtikrindamos geresnę lyčių lygybę, mažindamos korupciją, didindamos laimės, švietimo ir socialinės pažangos indeksus, labiau pabrėždamos kitus kokybinius nacionalinio vystymosi tikslus.

- 4.2. Analizuojant Vilniaus ir kitų Europos miestų gyvenimo kokybę galima teigti, jog Vilniaus miesto gyvenimo kokybės lygis yra gana žemas, nes jis užima 35-ąją vietą iš 40-ies analizuojamų miestų. Todėl viešojo sektoriaus organizacijos, turėtų imtis veiksmų, kurie leistų šį lygį pakelti.
 - 4.3. Siekiant užtikrinti taikytų metodų COPRAS ir INVAR patikimumą, COPRAS metodu gauti rezultatai buvo lyginami su NUMBEO miestų reitingavimu. Rezultatai rodo, kad taikomas metodas yra patikimas ir gali būti taikomas tolimesniems tyrimams atlikti.
 - 4.4. CREST metodu nustatyta, kad Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto rinkos pakilimas Lietuvoje nagrinėjamu laikotarpiu buvo 2007–2008 metais, o stagnacija – 2009 metais. Todėl gauta temperatūra 2007–2008 metų laikotarpiu yra labai aukšta ($T_{2007} = 39,99^\circ$, $T_{2008} = 40,28^\circ$), o 2009 metais – labai žema $T_{2009} = 33,65^\circ$. Šią tendenciją patvirtina ir atlikta detali svarbiausių Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto sektoriaus kriterijų analizė.
 - 4.5. Būsto daugiakriterio vertinimo rezultatai rodo, kad vertinamo būsto, rodikliai yra žemesni nei etaloninio būsto. Vertinamam būstui suteikiama E klasė, nes jo naudingumo laipsnis yra tarp 0–60 % (netenkina saugaus ir sveiko būsto reikalavimų). A klasė, jei naudingumo laipsnis yra tarp 91–100 %, B klasei – 81–90 %, C klasei – 71–80 %, D klasei – 61–70 %. Atsižvelgiant į daugiakriterio vertinimo rezultatus sistema pateikia rekomendacijas vartotojui, kurie kriterijai labiausiai lemia blogą pastato būklę. Nustatyta, jog vertinamam būstui didžiausią neigiamą įtaką daro autotransporto bei pramonės triukšmas.
5. Remiantis atliktais tyrimais, sukurtos sistemos, kurios įvertina bazinius visuomenės sveikatos rizikos veiksnius ir visuomenės sveikatos rizikos

veiksnius pagal užsienio šalių patirtį, padeda prognozuoti būsto poveikį žmogaus emocijoms, sveikatai, analizuoja aplinkos taršą pagal adresą, leidžia pateikti būsto valdymo ir energijos taupymo rekomendacijas (mikroaplinka). Sukurtos sistemos, kurios analizuoja Lietuvos statybos ir nekilnojamojo turto sektorių (CREST), optimizuoja svarbiausius Lietuvos ekonominius rodiklius (mezoaplinka). Sukurtos sistemos, kurios vertina Lietuvos ir kaimyninių šalių aplinkos darnumą, Vilniaus ir kitų Europos miestų gyvenimo kokybę (makroaplinka), suformuoja rekomendacijas.

6. Sukurta Integruota BDHOSS sistema analizuojanti mikro-, mezo- ir makroaplinkas bei sudaryta iš duomenų bazės ir duomenų bazės valdymo sistemos, modelių bazės ir modelių bazės valdymo sistemos, vartotojo sąsajos, kuri pateikia rekomendacijas kaip užtikrinti būsto saugumą ir sveikumą visoms statybos ir nekilnojamojo turto rinkos vystymuisi suinteresuotoms grupėms bei efektyvų ir greitą politikų, verslo atstovų, gyventojų ir kitų suinteresuotų grupių sprendimų priėmimą. Integruota sistema gali būti taikoma kaip papildoma saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų vertinimo priemonė užtikrinanti efektyvų vadybos funkcijų įgyvendinimą viešojo valdymo institucijose: išsamų duomenų rinkimą ir analizę, kontrolę, strategijų ir veiksmų planavimą, organizavimą ir koordinavimą. Šių pagrindinių vadybos funkcijų įgyvendinimas užtikrina racionalų saugaus ir sveiko būsto valdymą.

Literatūra ir šaltiniai

Abdallah, S. 2018. An Intelligent System for Identifying Influential Words in Real-Estate Classifieds. *Journal of Intelligent Systems* 27(2): 183–194.

Ahmed, A.; Korres, N. E.; Ploennigs, J.; Elhadi, H.; Menzel, K. 2011. Mining building performance data for energy-efficient operation. *Advanced Engineering Informatics* 25(2): 341–354.

Ahn, J.; Park, M.; Lee, H. S.; Ahn, S. J.; Ji, S. H. Song, K.; Son, B. S. 2017. Covariance effect analysis of similarity measurement methods for early construction cost estimation using case-based reasoning. *Automation in Construction* 81: 254–266.

Ahvenniemi, H.; Huovila, A.; Pinto-Seppä, I.; Airaksinen, M. 2017. What are the differences between sustainable and smart cities? *Cities* 60(Part A): 234–245.

Akincilar, A.; Dagdeviren, M. 2014. A hybrid multi-criteria decision making model to evaluate hotel websites. *International Journal of Hospitality Management* 36: 263–271.

Amiri, M.; Ardeshir, A.; Zarandi, M. H. F. 2017. Fuzzy probabilistic expert system for occupational hazard assessment in construction. *Safety Science* 93: 16–28.

Angilella, S.; Mazzù, S. 2015. The financing of innovative SMEs: A multicriteria credit rating model. *European Journal of Operational Research* 244: 540–554. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2015.01.033>

Ateities miestai, 2013. [interaktyvus], [žiūrėta 2016-05-21]. Prieiga per internetą: <https://www.delfi.lt/mokslas/technologijos/ateities-miestai-be-potvyniu-nusikaltimu-ir-spusciu.d?id=62931310>.

Azbainis, V. 2009. Būsto kainų burbulų vertinimo modeliai. Būsto kainų burbulas Lietuvoje. *Social Sciences Studies* 1(1): 69–52.

Baker Laporte, P.; Elliott, E.; Banta, J. 2003. Prescriptions for a Healthy House: A Practical Guide for Architects. *Builders & Homeowners, Baker-Laporte & Associates*.

Baležentis, A.; Žalimaitė, M. 2011. Ekspertinių vertinimų taikymas inovacijų plėtros veiksmų analizėje: Lietuvos inovatyvių įmonių vertinimas. *Management theory and studies for rural business and infrastructure development* 3(27): 23–31.

Băra, A.; Lungu, I. 2012. Improving Decision Support Systems with Data Mining Techniques: Chapter 18. *Computer and Information Science, Artificial Intelligence*, “Advances in Data Mining Knowledge Discovery and Applications”, book edited by Adem Karahoca, ISBN 978-953-51-0748-4.

Beal, V. 2015. *An Example of Big Data*, [online], [cited 05 February 2016]. Internet access: http://www.webopedia.com/TERM/B/big_data.html.

Berg, P.G. 2004. Sustainability resources in Swedish townscape neighbourhoods: Results from the model project Hågaby and comparisons with three common residential areas. *Landscape and Urban Planning* 68(1): 29–52.

Björklund, K.; Söderberg, B. 1999. Property cycles, speculative bubbles and the gross income multiplier. *Journal of Real Estate Research* 18(1): 151–174.

Blazquez, D.; Domenech, J. 2018. Web Data Mining for Monitoring Business Export Orientation. *Technological and Economic Development of Economy* 24(2): 406–428.

Bosley, C.; 2013. Swiss Housing Market Inches Closer to Bubble. Bloomberg, [online], [14 April 2014]. Internet access: <http://www.bloomberg.com/news/2013-11-07/switzerland-s-housing-market-inches-closer-to-bubble-ubs-says.html>.

Bouyssou, D.; Marchant, T. 2015. On the relations between ELECTRE TRI-B and ELECTRE TRI-C and on a new variant of ELECTRE TRI-B. *European Journal of Operational Research* 242: 201–211.

Brown, T.; Dasonville, C.; Derbez, M.; Ramalho, O.; Kirchner, S.; Crump, D.; Mandin, C. 2015. Relationships between socioeconomic and lifestyle factors and indoor air quality in French dwellings. *Environmental Research* 140: 385–396.

Burke, R. D. 2002. Hybrid Recommender Systems, Survey and Experiment. *User Modeling and User-Adapted Interaction* 12(4): 331–370.

Buškevičiūtė, J.; Raipa, A. 2011. Sprendimai šiuolaikinio viešojo valdymo evoliucijoje. Viešoji Politika ir Administravimas 10(1): 17–26.

Buzytė, V. 2013. Nuo kokybiškos pastatų renovacijos priklauso ir žmogaus sveikata. *Sveikatos mokymo ir ligų prevencijos centras, Aplinkos sveikatos skyrius*, [interaktyvus], [žiūrėta 2015-01-25]. Prieiga per internetą: http://www.smlpc.lt/media/file/Skyriu_info/Naudingi_patarimai/Nuo_pastatu_renovacijos_priklauso_ir_zmogaus_sveikata.pdf.

Buzytė, V. 2015. *Gyvenamoji aplinka ir sveikata*. Sveikatos mokymo ir ligų prevencijos centras, Aplinkos sveikatos skyrius [interaktyvus], [žiūrėta 2016-05-21]. Prieiga per internetą: http://www.smlpc.lt/media/file/Skyriu_info/Naudingi_patarimai/Gyvenamoji_aplinka_ir_sveikata.pdf;

Čekanavičius, V. 2013. *Ranginė logistinė regresinė analizė* [interaktyvus], [žiūrėta 2016-04-05]. Prieiga per internetą: http://www.lidata.eu/index.php?file=files/mokymai/lrst/lrst.html&course_file=lrst_4_1.html.

- Chan, M. A.; Ciaccio, C. E.; Gigliotti, N. M.; Rezaiekhalthigh, M.; Siedlik, J. A.; Kennedy, K.; Barnes, C. S. 2016. Environmentally-Induced Epigenetic Changes Correlate with Race and Childhood Asthma Severity. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 137(2): AB391.
- Chaudhary, P. 2015. Data Mining System, Functionalities and Applications: A Radical Review. *International Journal of Innovations in Engineering and Technology* (IJET) 5(2):449–455.
- Chen, M. Ch.; Kawaguchi, Y.; Patel, K. 2004. An analysis of the trends and cyclical behaviours of house prices in the Asian markets. *Journal of Property Investment & Finance* 22(1): 55–75.
- Conger, B. W. 2015. On livability, liveability and the limited utility of quality-of-life rankings. *The School of Public Policy* 7(4): 1–8.
- Cook, D.; Saviolidis, N. M.; Daviðsdóttir, B.; Jóhannsdóttir, L.; Ólafsson, S. 2017. Measuring countries' environmental sustainability performance – The development of a nation-specific indicator set. *Ecological Indicators* 74: 463–478.
- Cown, D. M.; Cheng, T. J.; Ground, M.; Sahmel, J.; Varughese, A.; Madl, A. K. 2015. Analysis of workplace compliance measurements of asbestos by the U.S. Occupational Safety and Health Administration (1984–2011). *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 72(3): 615–29.
- Csóka, J.; Deszpoth, I.; Gáti, A.; Maros, Zs.; Pap, J.; Pap, I.; Szabó, S.; Mokry, Zs.J. 1993. The technology level quality control model system of house-like components. *Control Engineering Practice* 1(2): 412.
- Das Neves Almeida, T. A.; García-Sánchez, I. M. 2016. A comparative analysis between composite indexes of environmental performance: An analysis on the CIEP and EPI. *Environmental Science & Policy* 64: 59–74.
- Data Mining – Bayesian Approaches*, 2004. [online], [cited 05 December 2014]. Internet access: <http://research.cs.queensu.ca/home/xiao/dm.html#Bayesian%20Tutorials> .
- Demirkan, H.; Delen, D. 2013. Leveraging the capabilities of service-oriented decision support systems: Putting analytics and big data in cloud. *Decision Support Systems* 55: 412–421.
- Deo, N.; Spong, H.; Varua, M. E. 2017. The Impact of the GFC on Sectoral Market Efficiency: Non-linear Testing for the Case of Australia. *Economic Record* 93(SI 1): 38–56.
- Dias, J. G. 2017. Environmental sustainability measurement in the Travel & Tourism Competitiveness Index: An empirical analysis of its reliability. *Ecological Indicators* 73: 589–596.
- Digital financing report, 2016. *Understanding the Components of an Expert System*. [online], [cited 20 September 2016]. Internet access: <http://xbrl.squarespace.com/journal/2016/5/24/understanding-the-components-of-an-expert-system.html>.
- Dreger, C.; Kholodilin, K. A. 2011. Speculative Bubble on Housing Markets: Elements of an Early Warning System. DIW Wochenbericht No. 37–38.
- Dreger, C.; Kholodilin, K. A. 2012. An Early Warning System to Predict the Speculative House Price Bubbles. *Economics Discussion Papers*, No 2012–44, Kiel Institute for the World Economy.
- Druzdzal, M. J.; Flynn, R. R. 2002. *Decision Support Systems*. To appear in Encyclopedia of Library and Information Science, Second Edition.
- Duah, D.; Syal, M. 2016. Intelligent decision support system for home energy retrofit adoption. *International Journal of Sustainable Built Environment* 5(2): 620–634.

EIP Waters, 2015. *City Blueprints – Improving Implementation Capacities of Cities and Regions*. [online], [cited 12 October 2016]. Internet access: http://www.eip-water.eu/City_Blueprints>.

Ekstrand, M. D.; Riedl, J. T.; Konstan, J. A. 2011. Collaborative Filtering Recommender Systems. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction* 4(2): 81–173.

Enescu, D. 2017. A review of thermal comfort models and indicators for indoor environments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 79: 1353–1379.

Environmental Performance Index, 2017. *Methods of Environmental Performance Index*, [online], [cited 10 January 2017]. Internet access: <http://archive.epi.yale.edu/our-methods> (accessed 17.01.10).

European Environment Agency, 2015. *The European environment — state and outlook 2015*. Chapter 5: environment, health and quality of life. [online], [cited 16 May 2017]. Internet access: <https://www.eea.europa.eu/soer/synthesis/synthesis/chapter5.xhtml>

Extensionhealthyhomes.org. 2016. *What is Healthy Housing?* [online], [cited 01 June 2016]. Internet access: <http://extensionhealthyhomes.org/what.html>.

Faia, R.; Pinto, T.; Abrishambaf, O.; Fernandes, F.; Vale, Z.; Corchado, J. M. 2017. Case based reasoning with expert system and swarm intelligence to determine energy reduction in buildings energy management. *Energy and Buildings* 155: 269–281.

Faktorinė analizė, 2014. [interaktyvus], [žiūrėta 2014-12-20]. Prieiga per internetą: <https://egbo.wordpress.com/2010/01/17/faktorieanalize/>.

Five big data challenges: And how to overcome them with visual analytics, 2015. [online], [cited 01 June 2016]. Internet access: <https://www.sas.com/resources/asset/five-big-data-challenges-article.pdf>.

Floyer, D. 2015. *Enterprise Big-data*, [online], [cited 05 February 2016]. Internet access: http://wiki-kibon.org/wiki/v/Enterprise_Big-data.

Franzen, A.; Vogl, D. 2013. Two decades of measuring environmental attitudes: A comparative analysis of 33 countries. *Global Environmental Change* 23(5): 1001–1008.

Frugoli, P. A.; Almeida, C. M. V. B.; Agostinho, F.; Giannetti, B. F.; Huisingh, D. 2015. Can measures of well-being and progress help societies to achieve sustainable development? *Journal of Cleaner Production* 90: 370–380.

Fu, Y.; Xiong, H.; Ge, Y.; Zheng, Y.; Yao, Z. J.; Zhou, Z. H. 2016. Modeling of Geographic Dependencies for Real Estate Ranking. *ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data* 11(1), Article Number: 11.

Gago, E. J.; Munner, T.; Knez, M.; Köster, H. 2015. Natural light controls and guides in buildings. Energy saving for electrical lighting, reduction of cooling load. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 41: 1–13.

Galdikienė, L. 2014. *Didieji duomenys – aukso gysla, į kurią krypsta verslo žvilgsnis*. [interaktyvus], [žiūrėta 2016-05-21]. Prieiga per internetą: <https://www.delfi.lt/verslas/verslas/1-galdikiene-didieji-duomenys-aukso-gysla-i-kuria-krypsta-verslo-zvilgsnis.d?id=64892835>.

García-Sánchez, I. M.; das Neves Almeida, T. A.; de Barros Camara, R. P. 2015. A proposal for a Composite Index of Environmental Performance (CIEP) for countries. *Ecological Indicators* 48: 171–188.

Garšva, G.; Merkevičius, E. 2005. Intelektinės sprendimų paramos sistemos architektūra grįstas kreditu rizikos vertinimo sistemos modelis. *Informacijos mokslai*. Kaunas. p. 150–157.

Ghavami, S. M.; Taleai, M.; Arentze, T. 2016. Socially rational agents in spatial land use planning: A heuristic proposal based negotiation mechanism. *Computers, Environment and Urban Systems* 60: 67–78.

Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013–2020, 2013. World Health Organization, Geneva, Switzerland. [online], [cited 12 April 2018]. Internet access: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/94384/9789241506236_eng.pdf?sequence=1

Global Competitiveness Report, 2014. [interaktyvus], [žiūrėta 2015-01-05]. Prieiga per internetą: http://lt.wikipedia.org/wiki/S%C4%85ra%C5%A1as:Pasaulinis_konkurencin-gumo_s%C4%85ra%C5%A1as.

Gonzalez, D. M.; Morillas, J. M. B.; Gozalo, G. R. 2015. The influence of microphone location on the results of urban noise measurements. *Applied Acoustics* 90: 64–73.

Govender, T.; Barnes, J. M.; Pieper, C. H. 2011. Housing conditions, sanitation status and associated health risks in selected subsidized low – cost housing settlements in Cape Town, South Africa. *Habitat International* 35(2): 335–342.

Grigoroudis, E.; Kouikoglou, V. S.; Phillis, Y. A. 2014. SAFE 2013: Sustainability of countries updated. *Ecological Indicators* 38: 61–66.

Guan, J.; Shi, D.; Zurada, J. M.; Levitan, A. S. 2014. Analyzing massive data sets: an adaptive fuzzy neural approach for prediction, with a real estate illustration. *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce* 24(1): 94–112.

Guardigli, L.; Bragadin, M. A.; Fornace, F. D.; Mazzoli, C.; Prati, D. 2018. Energy retrofit alternatives and cost-optimal analysis for large public housing stocks. *Energy and Buildings* 166: 48–59.

Guarini, M. R.; Battisti, F.; Chiovitti, A. 2018. A Methodology for the Selection of Multi-Criteria Decision Analysis Methods in Real Estate and Land Management Processes. *Sustainability* 10(2): Article Number: 507.

Habit, R. R.; Hahfoud, Z.; Fawaz, M.; Basma, S. H.; Yeretizian, J. S. 2009. Housing quality and ill health in a disadvantaged urban community. *Public Health* 123 (2): 174–181.

Hadi, H.; Kennedy, K.; Barnes, C. S.; Chan, M. A. 2017. An Association Between Indoor Fungal Spore Count, Ethnicity and Socioeconomic Status in Children with Asthma. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 139(2) Supplement: AB87.

Hajduová, Z.; Andrejovský, P.; Beslerová, S. 2014. Development of Quality of Life Economic Indicators with Regard to the Environment. *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 110: 747–754.

Han, S.; Ko, Y.; Kim, J.; Hong, T. 2018. Housing Market Trend Forecasts through Statistical Comparisons based on Big Data Analytic Methods. *Journal of Management in Engineering* 34(2), Article Number: 04017054.

Harish, V. S. K. V.; Kumar, A. 2016. A review on modeling and simulation of building energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 56: 1272–1292.

Hashim, A. M.; Dawal, S. Z. M. 2012. Kano Model and QFD integration approach for Ergonomic Design Improvement. *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 57: 22–32.

Hayashi, M.; Enai, M.; Hirokawa, Y. 2001. Annual characteristics of ventilation and indoor air quality in detached houses using a simulation method with Japanese daily schedule. *Building and Environment* 36(6): 721–731.

Health 2020 A European policy framework and strategy for the 21st century, 2013. World Health Organization Europe, Christophe Lanoux, Paris, France. [online], [cited 12 April 2018]. Internet access: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0011/199532/Health2020-Long.pdf?ua=1

Healthy Homes, 2014. [online], [cited 12 May 2014]. Internet access: <http://www.cdc.gov/nceh/lead/healthyhomes.htm> .

Henderson, D. 2007. *Inflation and Economic Growth*. [online], [cited 05 July 2015]. Internet access: <http://everydayecon.wordpress.com/2007/07/20/inflation-and-economic-growth/> .

Hettinga, S.; Nijkamp, P.; Scholten, H. 2018. A multi-stakeholder decision support system for local neighbourhood energy planning. *Energy Policy* 116: 277–288.

HHSRS worked examples, 2007. [online], [cited 29 July 2016]. Internet access: <http://www.hhsrscalculator.com/hhsrs%20we/hwe.html>

Horváth, G. Á.; Harazin, P. 2016. A framework for an industrial ecological decision support system to foster partnerships between businesses and governments for sustainable development. *Journal of Cleaner Production* 114: 214–223.

Hosseini Nasab, H.; Milani, A. S. 2012. An improvement of quantitative strategic planning matrix using multiple criteria decision making and fuzzy numbers. *Applied Soft Computing* 12: 2246–2253.

How does inflation affect GDP, 2014. [online], [cited 05 May 2014]. Internet access: <http://www.ask.com/question/how-does-inflation-affect-gdp> .

Howarth, P.; Reid, A. 2000. *Sunbury Healthy House*, Mitchell Beazley 118–123.

Hsu, A.; Lloyd, A.; Emerson, J. W. 2013. What progress have we made since Rio? Results from the 2012 Environmental Performance Index (EPI) and Pilot Trend EPI. *Environmental Science & Policy* 33: 171–185.

Hua, Y. 2011. On early-warning system for chinese real estate. *International Journal of Marketing Studies* 3(3): 189–193.

IBM Lietuva, 2013. „*IBM Lietuva*“ vadovas: netrukus kompiuteris pradės elgtis panašiai kaip žmogus, [interaktyvus], [žiūrėta 2016-05-21]. Prieiga per internetą: <https://www.delfi.lt/mokslas/technologijos/ibm-lietuva-vadovas-netrukus-kompiuteris-prades-elgtis-panasiai-kaip-zmogus.d?id=60669861>.

IBM, 2009. *Gaukite reikiamos išvalgos iš savo duomenų ir numatykite ateitį su duomenų gavybos (data mining) sprendimais*. [interaktyvus], [žiūrėta 2016-05-21]. Prieiga per internetą: <http://www.insol.lt/software/modeling/modeler/pdf/Modeler%20brosiura.pdf>.

Iddrisu, I.; Bhattacharyya, S. C. 2015. Sustainable Energy Development Index: A multi-dimensional indicator for measuring sustainable energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 50: 513–530.

Ilangkumaran, M.; Karthikeyan, M.; Ramachandran, T.; Boopathiraja, M.; Kirubakaran, B. 2015. Risk analysis and warning rate of hot environment for foundry industry using hybrid MCDM technique. *Safety Science* 72: 133–143. doi:10.1016/j.ssci.2014.08.011.

Introne, J.; Iandoli, L. 2014. Improving decision-making performance through argumentation: An argument-based decision support system to compute with evidence. *Decision Support Systems* 64: 79–89.

Isinkayea, F. O.; Folajimi, Y. O.; Ojokoh, B. A. 2015. Recommendation systems: Principles, methods and evaluation. *Egyptian Informatics Journal* 16(3): 261–273.

Jacob, V. S.; Marsden, J. R. 1990. A networked expert system framework for economic policy analysis. *Journal of Economic Dynamics and Control* 14(2): 201–217.

Jacobs, D. E. 2011. *Housing-Related Health Hazards: Assessment and Remediation* [online], Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences Encyclopedia of Environmental Health, [cited 10 February 2014]. Internet access: https://portal.hud.gov/hudportal/documents/huddoc?id=hhpgm_final_ch4.pdf.

Jafari, A.; Valentin, V. 2017. An optimization framework for building energy retrofits decision-making. *Building and Environment* 115: 118–129.

Jankauskienė, D. 2011. *Sveikatos politikos vertybės ir iššūkiai artimiausiam dešimtmetyje*. Sveikatos politika ir valdymas, p. 7–26 [interaktyvus], [žiūrėta 2016-05-21]. Prieiga per internetą: https://www.mruni.eu/upload/iblock/613/01_jankauskiene.pdf.

Jannach, D.; Zanker, M.; Friedrich, G. 2013. Tutorial: Recommender Systems. *International Joint Conference on Artificial Intelligence*, Beijing. [online], [cited 20 December 2014]. Internet access: http://ijcai13.org/files/tutorial_slides/td3.pdf.

K.U., J.; David, J. M. 2014. Issues, Challenges, and Solutions: Big Data Mining. *Computer Science & Information Technology (CS & IT)* pp. 131–140. [online], [cited 01 June 2016]. Internet access: <http://airccj.org/CSCP/vol4/csit43111.pdf>. Doi: 10.5121/csit.2014.41311.

Kaklauskas A. 1999. *Multiple criteria decision support of building life cycle*: Research report presented for habilitation (DrSc): Technological sciences, civil engineering (02T). Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius: Technika, 118 p.

Kaklauskas, A. 2016. Degree of Project Utility and Investment Value Assessments. *International Journal of Computers, Communications & Control* 11(5): 666–683.

Kaklauskas, A.; Banaitienė, E.; Tupėnaitė, L.; Rimkuvienė, S.; Trinkūnas, V. 2012a. *Mokomoji knyga: Gyvenamosios aplinkos atnaujinimas*. Vilnius: technika, 218 p. [interaktyvus], [žiūrėta 2013-05-12]. Prieiga per internetą: <http://dSPACE.vgtu.lt/handle/1/1624>.

Kaklauskas, A.; Rute, J.; Zavadskas, E. K.; Daniunas, A.; Pruskus, V.; Bivainis, J.; Gudauskas, R.; Plakys, V. 2012b. Passive House model for quantitative and qualitative analyses and its intelligent system. *Energy and Buildings* 50: 7–18.

Kaklauskas, A.; Zavadskas, E. K. 2010. *Internetinė ir biometrinė sprendimų parama*. Technika, Vilnius, 372 p.

Kaklauskas, A.; Zavadskas, E. K.; Cerkauskas, J.; Ubarte, I.; Banaitis, A.; Krutinis, M.; Naimavičienė, J. 2015. Housing Health and Safety Decision Support System with Augmented Reality. *Procedia Engineering* 122: 143–150.

Kang, N. N.; Kim, J. T.; Lee, R. K. 2014. A Study on the Healthy Housing Quality of Multifamily Attached House According to Dwelling Unit Age. *Journal of Energy Procedia* 62: 595–602.

Kaufmann, D.; Kraay, A.; Mastruzzi, M. 2007. Governance Matters VI: Aggregate and Individual Governance Indicators 1996–2006. World Bank Policy Research Working Paper. No 4280.

Kauko, T. 2012. In: Smith, S.J. (Ed.), *Neural Networks and Analytic Hierarchy Processes*. International Encyclopedia of Housing and Home, San Diego, Elsevier, pp. 103–110.

Keall, M. D.; Howden-Chapman, P.; Baker, M. G.; Kamalesh, V.; Cunningham, M.; Cunningham, C.; Guria, J.; Draper, R.; Skelton, P. 2013. Formulating a programme of repairs to structural home injury hazards in New Zealand. *Accident Analysis & Prevention* 57: 124–130.

Keall, M. D.; Pierse, N.; Howden-Chapman, P.; Cunningham, C.; Cunningham, M.; Guria, J.; Baker, M. G. 2015. Home modifications to reduce injuries from falls in the Home Injury Prevention Intervention (HIPI) study: a cluster-randomised controlled trial. *The Lancet* 385(9964): 231–238.

Kejriwal, S. 2012. *Massive & Messy: The New Goldmine of Big Data*. [online], [cited 05 February 2016]. Internet access: <http://sandeepkejriwal.com/big-data/>.

Khalafallah, A. 2008. Neural network based model for predicting housing market performance. *Tsinghua Science and Technology* 13(S1): 325–328.

Klepeis, N. E.; Nelson, W. C.; Ott, W. R.; Robinson, J. P.; Tsang, A. M.; Switzer, P.; Behar, J. V.; Hern, S. C.; Engelmann, W. H. 2001. The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 11(3):231–52.

Kolko, J. 2014. *Housing Barometer: Recovery Shakes Off Early-Spring Slump*. [online], [16 April 2014]. Internet access: <http://www.trulia.com/trends/category/housing-barometers/>.

Konstan, J. A.; Riedl, J. 2012. Recommender systems: from algorithms to user experience. *User Modeling and User-Adapted Interaction* 22: 101–123.

Koppa.jyu.fi. 2014. *Hermeneutic analysis*. [online], [cited 21 December 2014]. Internet access: <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuj/en/methodmap/data-analysis/hermeneutic-analysis>.

Körner, O.; Van Straten, G. 2008. Decision support for dynamic greenhouse climate control strategies. *Computers and Electronics in Agriculture* 60(1): 18–30.

Kourtit, K.; Nijkamp, P. 2018. Big data dashboards as smart decision support tools for i-cities – An experiment on Stockholm. *Land Use Policy* 71: 24–35.

Krasny, E.; Klarić, S.; Korjenić, A. 2017. Analysis and comparison of environmental impacts and cost of bio-based house versus concrete house. *Journal of Cleaner Production* 161: 968–976.

Kumar, A.; Sah B.; Singh, A. R.; Deng, Y.; He, X.; Kumar, P.; Bansal, R. C. 2017. A review of multi criteria decision making (MCDM) towards sustainable renewable energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 69: 596–609.

Kumar, G. D.; Gosul, M. 2011. *Web Mining Research and Future Directions*. In: Wyld D.C., Wozniak M., Chaki N., Meghanathan N., Nagamalai D. (eds) *Advances in Network Security and Applications*. CNSA 2011. *Communications in Computer and Information Science*, vol 196. Springer, Berlin, Heidelberg.

Kumar, P.; Martani, C.; Morawska, L.; Norford, L.; Choudhary, R.; Bell, M.; Leach, M. 2016. Indoor air quality and energy management through real-time sensing in commercial buildings. *Energy and Buildings* 111: 145–153.

Kuodis, R. 2004. Ar pučiasi nekilnojamojo turto burbulas Lietuvoje: mintys diskusijai. [interaktyvus], [žiūrėta 2015-01-21]. Prieiga per internetą: www.ekonomika.org/Finansai/Burbulai.ppt.

Langer, S.; Bekö, G.; Bloom, E.; Widheden, A.; Ekberg, L. 2015. Indoor air quality in passive and conventional new houses in Sweden. *Building and Environment* 93(Part 1): 92–100.

Latinopoulos, D.; Kechagia, K. 2015. A GIS-based multi-criteria evaluation for wind farm site selection. A regional scale application in Greece. *Renewable Energy* 78: 550–560.

Lee, H. B.; McNamara, P. E. 2017. Deconcentrating the poor via public housing policy: What really matters? *Socio-Economic Planning Sciences* 59: 67–78.

Li, Y.; Guo, H.; Li, H.; Wang, Y.; Wang, F.; Wang, Z. 2009. Information systems-based real estate macrocontrol systems. *International Real Estate Review* 12 (2): 171–192.

Li, Z.; Chen, J.; Wang, F.; Cui, L.; Qu, M. 2018. A simulation study for evaluating the performances of different types of house-hold radiant air conditioning systems. *Applied Thermal Engineering* 131: 553–564.

Libby, R.; Blashfield, R. 1978. Performance of a composite as a function of a number of judges. *Organizational Behavior and Human Performance*, No. 21.

Lietuvos Respublikos Seimo nutarimas, 2011. *Dėl Lietuvos sveikatos sistemos 2011–2020 metų plėtros metmenų patvirtinimo*, 2011 m. birželio 7 d. Nr. XI–1430, Vilnius. [interaktyvus], [žiūrėta 2018-04-12]. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.0E672DF64E70>.

Lind, H. 2008. *Price Bubbles on the Housing Market: Concept, theory and indicators*. Working Paper No. 58.

Lind, H. 2009. Price bubbles in housing markets: Concept, theory and indicators. *International Journal of Housing Markets and Analysis* 2(1): 78 – 90.

Liu, X.; Liu, G.; Yang, Z.; Chen, B.; Ulgiati, S. 2016. Comparing national environmental and economic performances through energy sustainability indicators: Moving environmental ethics beyond anthropocentrism toward ecocentrism. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 58: 1532–1542.

Lops, P.; Musto, C.; Narducci, F.; de Gemmis, M.; Basile, P.; Semeraro, G. 2011. Learning semantic content-based profiles for cross-language recommendations. *PMHR '11 Proceedings of the First Workshop on Personalised Multilingual Hypertext Retrieval*, p. 26–33.

Lu, C.; Deng, Q.; Li, Y.; Sundell, J.; Norbäck, D. 2016. Outdoor air pollution, meteorological conditions and indoor factors in dwellings in relation to sick building syndrome (SBS) among adults in China. *Science of the Total Environment* 560–561: 186–196.

Lupo, T. 2015. Fuzzy ServPerf model combined with ELECTRE III to comparatively evaluate service quality of international airports in Sicily. *Journal of Air Transport Management* 42: 249–259.

Luzzati, T.; Gucciardi, G. 2015. A non-simplistic approach to composite indicators and rankings: an illustration by comparing the sustainability of the EU Countries. *Ecological Economics* 113: 25–38.

Madhulatha, T. S. 2012. An overview on clustering methods. *IOSR Journal of Engineering* 2(4): 719–725.

Mahdavinejad, M.; Mansoorim, S. 2012. Architectural Design Criteria of Socio-Behavioral Approach toward Healthy Model. *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 35: 475–482.

Main economic indicators, 2014. [online], [cited 15 May 2015]. Internet access: <http://www.markets.com/lt/education/fundamental-analysis/main-economic-indicators.html> .

Majeske, K. D.; Lauer, T. W. 2013. The bank loan approval decision from multiple perspectives. *Expert System with Applications* 40(5): 1591–1598.

Makroekonominių rodiklių įtaka investicijoms, 2011. [interaktyvus], [žiūrėta 2015-04-21]. Prieiga per internetą: <http://www.investologija.lt/LT/makroekonomika/369/2/makroekonominiu-rodikliu-i-taka-investicijoms/makroekonominiai-rodikliai-kodel-tai-svarbu> .

Mardani, A.; Zavadskas, E. K.; Khalifah, Z.; Zakuan, N.; Jusoh, A.; Nor, K. M.; Khoshnoudi, M. 2017. A review of multi-criteria decision-making applications to solve energy management problems: Two decades from 1995 to 2015. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 71: 216–256.

Marin, G. 2003. *Decision support systems*, [online], [cited 20 September 2016]. Internet access: <ftp://ftp.repec.org/opt/ReDIF/RePEc/rau/jisomg/FA08/JISOM-FA08-A19.pdf>,

Matsumoto, H.; Toyoda, S. 1994. A knowledge-based system for condensation diagnostics in houses. *Energy and Buildings* 21(3): 259–266

Mba, L.; Meukam, P.; Kemajou, A. 2016. Application of artificial neural network for predicting hourly indoor air temperature and relative humidity in modern building in humid region. *Energy and Buildings* 121: 32–42.

Melanda, E.; Hunter, A.; Barry, M. 2016. Identification of locational influence on real property values using data mining methods. *Cybergeo – European Journal of Geography*, Article Number: UNSP 77.1

Melville, P.; Sindhvani, V. 2009. *Recommender Systems*. IBM T.J. Watson Research Center, Yorktown Heights, NY, 21 pp. [online], [cited 12 January 2016]. Internet access: <http://www.vikas.sindhvani.org/recommender.pdf> .

Mercer. 2016. *Quality of Living Rankings*, [online], [cited 12 October 2016]. Internet access: <https://www.imercer.com/content/mobility/quality-of-living-city-rankings.html>.

Mercola, J. 2015. *5 Reasons to Spend More Time Outside – Even When It’s Cold* [online], [cited 16 May 2017]. Internet access: <https://fitness.mercola.com/sites/fitness/archive/2015/03/06/spending-time-outdoors.aspx>.

Mitchell, T. M. 1999. Machine learning and data mining. *Communications of the ACM* 42(11):30–36.

Mohata, P. B.; Dhande, S. 2015. Web Data Mining Techniques and Implementation for Handling Big Data. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing* 4(4): 330-334. <http://ijcsmc.com/docs/papers/April2015/V4I4201586.pdf>

Monghasemi, S.; Nikoo, M. R.; Khaksar Fasaee, M. A.; Adamowski, J. 2015. A novel multicriteria decision making model for optimizing time – cost–quality trade-off problems in construction projects. *Expert Systems with Applications* 42: 3089–3104.

Mshali, H.; Lemlouma, T.; Moloney, M.; Magoni, D. 2018. A survey on health monitoring systems for health smart homes. *International Journal of Industrial Ergonomics* 66: 26–56.

Mushore, T. D.; Odindi, J.; Dube, T.; Mutanga, O. 2017. Understanding the relationship between urban outdoor temperatures and indoor air-conditioning energy demand in Zimbabwe. *Sustainable Cities and Society* 34: 97–108.

Navakauskas, D. 2000. *Skaitmeninio signalų apdorojimo priemonės: dirbtinių neuronų tinklai; mokomoji knyga*. Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius: Technika.

Nesveikas būstas, 2009. [interaktyvus], [žiūrėta 2013-05-05]. Prieiga per internetą: http://www.smlpc.lt/media/file/Skyriu_info/Aplinkos_sveikata/Bustas/Nesveikas_bustas.pdf .

Neuvonen, A.; Ache, P. 2017. Metropolitan Vision Making – Using Backcasting as a Strategic Learning Process to Shape Metropolitan Futures. *Futures* 86: 73–83.

Nielsen 4i. F. 2001. *Neural Networks – algorithms and applications*. [online], [cited 20 December 2014]. Internet access: <http://www.glyn.dk/download/Synopsis.pdf> .

Nilashi, M.; Zakaria, R.; Ibrahim, O.; Majid, M.Z.A.; Zin, R. M.; Chughtai, M.W.; Zainal Abidin, N.I.; Sahamir, S.R.; Yakubu, D.A. 2015. A knowledge-based expert system for assessing the performance level of green buildings. *Knowledge-Based Systems* 86: 194–209.

Numbeo, 2015. *Quality of Life Index*. [online], [cited 20 August 2016]. Internet access: <https://www.numbeo.com/quality-of-life/rankings.jsp?title=2015>.

Numbeo, 2016. *Quality of Life Index. 2016 Mid Year*. [online], [cited 20 August 2016]. Internet access: <https://www.numbeo.com/quality-of-life/rankings.jsp?title=2016-mid> .

Numbeo, 2017. *Quality of Life Index*, [online], [cited 10 January 2017]. Internet access: https://www.numbeo.com/quality-of-life/indices_explained.jsp.

Nuuter, T.; Lill, I.; Tupenaite, L. 2015. Comparison of housing market sustainability in European countries based on multi-criteria assessment. *Land Use Policy* 42: 642–651.

Ochoa, C. E.; Capeluto, I. G. 2015. Decision methodology for the development of an expert system applied in an adaptable energy retrofit façade system for residential buildings. *Renewable Energy* 78: 498–508.

Office of the Deputy Prime Minister. 2006. *Housing Health and Safety Rating System. Operating Guidance*. Office of the Deputy Prime Minister: London. [online], [cited 05 May 2013]. Internet access: <http://www.nchh.org/Portals/0/Contents/HH%20Standards.UKHHRsoperatingguidance.pdf> .

Oliveira, I. A. S. J.; Carayannis, E. G.; Ferreira, F. A. F.; Jalali, M. S.; Carlucci, D.; Ferreira, J. J. M. 2017. Constructing home safety indices for strategic planning in residential real estate: A socio-technical approach. *Technological Forecasting and Social Change*. In press.

Ormandy, D. 2014. Housing and child health. *Paediatrics and Child Health* 24(3): 115–117.

Otoi, A.; Titan, E.; Dumitrescu, R. 2014. Are the variables used in building composite indicators of well-being relevant? Validating composite indexes of well-being. *Ecological Indicators* 46: 575–585.

Oztaysi, B. 2014. A decision model for information technology selection using AHP integrated TOPSIS-Grey: The case of content management systems. *Knowledge-Based Systems* 70: 44–54.

Pan, C.; Li, W. 2010. Research paper recommendation with topic analysis. In *Computer Design and Applications IEEE*, 4: V4–264.

Pan, Y.; Tian, Y.; Liu, X.; Gu, D.; Hua, G. 2016. Urban Big Data and the Development of City Intelligence. *Engineering* 2(2): 171-178.

Parker, D. S. 2009. Very low energy homes in the United States: perspectives on performance from measured data. *Energy and Buildings* 41(5): 512–520.

Paulauskienė, R. 2017. *Netinkamos gyvenamosios patalpos – kyla pavojus sveikatai*. Nacionalinis visuomenės sveikatos centras prie Sveikatos apsaugos ministerijos [interaktyvus], [žiūrėta 2017-05-

21]. Prieiga per internetą: <https://nvsc.lrv.lt/lt/naujienos/netinkamos-gyvenamosios-patalpos-kylapavojus-sveikatai>

Podvezko, V.; Podviezko, A. 2014. Kriterijų reikšmingumo nustatymo metodai. *Lietuvos matematikos rinkinys: Lietuvos matematikų draugijos darbai*, ser. B, 55: 111–116. [interaktyvus], [žiūrėta 2016-06-01]. Prieiga per internetą: <http://www.mii.lt/LMR/B/2014/55B21.pdf>.

Pombeiro, H.; Santos, R.; Carreira, P.; Silva, C.; Sousa, J. M. C. 2017. Comparative assessment of low-complexity models to predict electricity consumption in an institutional building: Linear regression vs. fuzzy modeling vs. neural networks. *Energy and Buildings* 146: 141–151.

Poortinga, W.; Dunstan, F. D.; Fone, D. L. 2008. Neighbourhood deprivation and self-rated health: The role of perceptions of the neighbourhood and of housing problems. *Health & Place* 14(3): 562–575.

Possala, V. 2013. *NoSQL & Big Data Analytics: History, Hype, Opportunities*. India. [online], [cited 20 December 2014]. Internet access: <http://www.slideshare.net/vishyp/nosql-big-data-analytics-history-hype-jobs>.

Qiu, N.; Gao, Y.; Fang, J.; Feng, Z.; Sun, G.; Li, Q. 2015. Crashworthiness analysis and design of multi-cell hexagonal columns under multiple loading cases. *Finite Elements in Analysis and Design* 104: 89–101.

Rabbani, A.; Zamani, M.; Yazdani-Chamzini, A.; Zavadskas, E. K. 2014. Proposing a new integrated model based on sustainability balanced scorecard (SBSC) and MCDM approaches by using linguistic variables for the performance evaluation of oil producing companies. *Expert Systems with Applications* 41: 7316–7327.

Rajesh, R.; Ravi, V. 2015. Supplier selection in resilient supply chains: A grey relational analysis approach. *Journal of Cleaner Production* 86: 343–359.

Ramli, A.; Akasah, Z. A.; Masirin, M. I. M. 2014. Safety and Health Factors Influencing Performance of Malaysian Low-Cost Housing: Structural Equation Modeling (SEM) Approach. *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 129: 475–482.

Redefining Progress, 2017. *Genuine Progress Indicator*, [online], [cited 10 January 2017]. Internet access: http://rprogress.org/sustainability_indicators/genuine_progress_indicator.htm.

Remoundou, K.; Koundouri, P. 2009. Environmental Effects on Public Health: An Economic Perspective. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 6(8): 2160–2178.

Ricci, F.; Rokach, L.; Shapira, B.; Kantor, P. B. 2011. *Recommender systems handbook*. [online], [cited 20 December 2014]. Internet access: http://www.cs.bme.hu/nagyadat/Recommender_systems_handbook.pdf.

Roaf, J.; Atoyan, R.; Joshi, B.; Krogulski, K.; an IMF Staff Team. 2014. *25 Years of Transition: Post-Communist Europe and the IMF*. Regional Economic Issues, Special Report. Washington, D.C.: International Monetary Fund.

Roberts, T. 2016. *We Spend 90% of Our Time Indoors. Says Who?* [online], [cited 16 May 2017]. Internet access: <https://www.buildinggreen.com/blog/we-spend-90-our-time-indoors-says-who>.

Robinson, C.; Dilkina, B.; Hubbs, J.; Zhang, W.; Guhathakurta, S.; Brown, M. A.; Pendyala, R. M. 2017. Machine learning approaches for estimating commercial building energy consumption. *Applied Energy* 208: 889–904.

Sakalauskas, L. 2007. *Duomenų gavyba: paskaitų konspektas*. Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Fundamentinių mokslų fakultetas, Informacinių technologijų katedra, Vilnius. [interaktyvus], [žiūrėta 2016-05-21]. Prieiga per internetą: <https://vdocuments.site/documents/duomenugavybakonspektas.html>.

Sakalauskas, L. 2009. *Duomenų gavyba: paskaitų konspektas*. Vilnius.

Salleh, S. 2013. *Decision Support Systems: an Extended Taxonomy*, [online], [cited 20 May 2015]. Internet access: <http://www.lumina.com/blog/decision-support-systems-an-extended-taxonomy>

Schoenwetter, W. F. 1997. Building a Healthy House. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology* 79(1): 1–4.

Serrano-Jiménez, A.; Barrios-Padura, A.; Molina-Huelva, M. 2018. Sustainable building renovation for an ageing population: Decision support system through an integral assessment method of architectural interventions. *Sustainable Cities and Society* 39: 144–154.

Seysis, S.; Ergen, E. 2017. A decision making support tool for selecting green building certification credits based on project delivery attributes. *Building and Environment* 126: 107–118.

Shen, L.; Zhou, J. 2014. Examining the effectiveness of indicators for guiding sustainable urbanization in China. *Habitat International* 44:111–120.

Shu, H. 2016. Big data analytics: six techniques. *Geo-spatial Information Science* 19(2): 119–128

Sichelman, L., 2002. *No housing price bubble here*. Chicago Tribune. [online], [cited 06 July 2017]. Internet access: <http://articles.chicagotribune.com/2002-07-14/business/02071403901mortgage-payments-and-income-housing-cycle-barometer-housing-economists>.

Siemens, A. G. 2012. European Green City Index, A summary of the Green City Index research series. [online], [cited 12 October 2016]. Internet access: <http://www.siemens.com/press/pool/de/events/2012/corporate/2012-06-rio20/GCI-Report-e.pdf>.

Simas, M.; Pauliuk, S.; Wood, R.; Hertwich, E.G.; Stadler, K. 2017. Correlation between production and consumption-based environmental indicators: The link to affluence and the effect on ranking environmental performance of countries. *Ecological Indicators* 76: 317–323.

Soares, N.; Bastos, J.; Pereira, L. D.; Soares, A.; Amaral, A. R.; Asadi, E.; Rodrigues, E.; Lamas, F. B.; Monteiro, H.; Lopes, M. A. R.; Gaspar, A. R. 2017. A review on current advances in the energy and environmental performance of buildings towards a more sustainable built environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 77: 845–860.

Soltani, A.; Hewage, K.; Reza, B.; Sadiq, R. 2015. Multiple stakeholders in multi-criteria decision-making in the context of Municipal Solid Waste Management: A review. *Waste Management* 35: 318–328.

Soyguder, S.; Hasan, A. 2009. An expert system for the humidity and temperature control in HVAC systems using ANFIS and optimization with Fuzzy Modeling Approach. *Energy and Buildings* 41(8): 814–822.

Stamou, M.; Mimis, A.; Rovolis, A. 2017. House price determinants in Athens: a spatial econometric approach. *Journal of Property Research* 34(4): 269–284.

Stephenson, D. 2013. *7 Big Data Techniques That Create Business Value*. [online], [cited 05 December 2014]. Internet access: <http://www.firmex.com/blog/7-big-data-techniques-that-create-business-value/>.

Stewart, J. 2005. A review of UK housing policy: ideology and public health. *Public Health* 119(6): 525–534.

Streimikiene, D. 2015. Environmental indicators for the assessment of quality of life. *Intellectual Economics* 9(1): 67–79.

Sveikas būstas – sveikiesnio gyvenimo perspektyvos. 2014. [interaktyvus], [žiūrėta 2015-01-25]. Prieiga per internetą: <http://sveikasbustas.lt/sveikas-bustas-sveikiesnio-gyvenimo-perspektyvos/>.

Takigawa, T.; Wang, B. L.; Sakano, N.; Wang, D. H.; Ogino, K.; Kishi, R. 2009. A longitudinal study of environmental risk factors for subjective symptoms associated with sick building syndrome in new dwellings. *Science of the Total Environment* 407(19): 5223–5228.

Touret, T.; Changenet, C.; Ville, F.; Lalmi, M.; Becquerelle, S. 2018. On the use of temperature for online condition monitoring of geared systems – A review. *Mechanical Systems and Signal Processing* 10: 197–210.

Tupėnaitė, L.; Kanapeckienė, L. 2009. Nekilnojamojo Turto Kainų Burbulas ir jo Pasekmės Baltijos Šalims. *Science – Future of Lithuania* 1(5): 103–108.

Turskis, Z.; Zavadskas, E. K.; Peldschus, F. 2009. Multi-criteria Optimization System for Decision Making in construction Design and Management. *Inžinerinė Ekonomika – Engineering Economics* 1(61): 7–18.

U. S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Environmental Health, Division of Emergency and Environmental Health Services, Healthy Homes and Lead Poisoning Prevention Branch 2014. *Healthy Homes Manual: Smoke-Free Policies in Multiunit Housing*, [online], [cited 01 June 2016]. Internet access: http://www.cdc.gov/healthyhomes/Healthy_Homes_Manual_WEB.pdf.

Ulpiani, G. 2017. Overheating phenomena induced by fully-glazed facades: Investigation of a sick building in Italy and assessment of the benefits achieved via fuzzy control of the AC system. *Solar Energy* 158: 572–594.

United Nations Development Programme, 2015. *Human Development Index (HDI)*, [online], [cited 09 January 2017]. Internet access: <http://hdr.undp.org/en/content/human-development-index-hdi>.

Vanichvatana, S. 2007. Thailand real estate market cycles: case study of 1997 economic crisis. *GH Bank Housing Journal* 1(1): 38–47.

Vasile, V.; Petran, H.; Dima, A.; Petcu, C. 2016. Indoor Air Quality – a Key Element of the Energy Performance of the Buildings. *Energy Procedia* 96: 277–284.

Veraguth, T. 2011. *How to invest in real estate?* UBS Wealth Management Research.

Verikas, A.; Gelžinis, A. 2003. *Neuroniniai tinklai ir neuroniniai skaičiavimai: mokomoji knyga*. Kauno technologijos universitetas. Taikomosios elektronikos katedra. Kaunas: Technologija, 174 p.

Voinov, A.; Kolagani, N.; McCall, M. K.; Glynn, P. D.; Kragt, M. E.; Ostermann, F. O.; Pierce, S.A.; Ramu, P. 2016. Modelling with stakeholders – Next generation. *Environmental Modelling & Software* 77: 196–220.

Wang, B. L.; Takigawa, T.; Yamasaki, Y.; Sakano, N.; Wang, D. H.; Ogino, K. 2008. Symptom definitions for SBS (sick building syndrome) in residential dwellings. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 211(1–2): 114–120.

- Wang, L. E.; Liu, H. C.; Quan, M. Y. 2016. Evaluating the risk of failure modes with a hybrid MCDM model under interval-valued intuitionistic fuzzy environment. *Computers & Industrial Engineering* 102: 175–185.
- Wang, L.; Gwilliam, J. 2009. Case study of zero energy house design in UK. *Energy and Buildings* 41: 1215–1222.
- Wang, N.; Phelan, P. E.; Harris, C.; Langevin, J.; Nelson, B.; Sawyer, K. 2018. Past visions, current trends, and future context: A review of building energy, carbon, and sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 82(Part 1): 976–993.
- Wei, Y.; Zhang, X.; Shi, Y.; Xia, L.; Pan, S.; Wu, J.; Han, M.; Zhao, X. 2018. A review of data-driven approaches for prediction and classification of building energy consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 82(Part 1): 1027–1047.
- What is the relationship between GDP and inflation*, 2014. [online], [cited 05 May 2014]. Internet access: <http://www.wisegeek.com/what-is-the-relationship-between-gdp-and-inflation.htm> .
- Wien.at. 2016. *Another top ranking for quality of life in Vienna*, [online], [cited 14 September 2016]. Internet access: <https://www.wien.gv.at/english/politics/international/competition/monocle-quality-of-life-survey.html>
- Wu, Y.; Zhang, W.; Shen, J.; Mo, Z.; Peng, Y. 2018. Smart city with Chinese characteristics against the background of big data: Idea, action and risk. *Journal of Cleaner Production* 173: 60–66.
- Xiao, X.; Skitmore, M.; Hu, X. 2017. Case-based Reasoning and Text Mining for Green Building Decision Making. *Energy Procedia* 111: 417–425.
- Xu, B.; Lin, B. 2018. What cause large regional differences in PM2.5 pollutions in China? Evidence from quantile regression model. *Journal of Cleaner Production* 174: 447–461.
- Yilmaz, M.; Kanit, R. 2018. A practical tool for estimating compulsory OHS costs of residential building construction projects in Turkey. *Safety Science* 101: 326–331.
- Yoo, C.; Ramirez, L.; Liuzzi, J. 2014. Big Data Analysis Using Modern Statistical and Machine Learning Methods in Medicine. *International neurourology journal* 18(2): 50–57.
- Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A. 1996. *Pastatų sistemotechninis įvertinimas*. Vilnius: Technika. 208 p.
- Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Trinkunas, V.; Trinkuniene, E. 2004. Innovations in construction e-business systems: Improving materials selection. *Foundations of civil and environmental engineering*. Poznań: Publishing House of Poznan University of Technology 5: 47–56, ISSN 1642-9303.
- Zavadskas, E. K.; Turskis, Z. 2011. Multiple Criteria Decision Making (MCDM) Methods in Economics: An Overview. *Technological and Economic Development of Economy* 17(2): 397–427.
- Zavadskas, E. K.; Turskis, Z.; Bagočius, V. 2015. Multi-criteria selection of a deep-water port in the Eastern Baltic Sea. *Applied Soft Computing* 26: 180–192.
- Zavadskas, E. K.; Antucheviciene, J.; Vilutiene, T.; Adeli, H. 2018. Sustainable Decision-Making in Civil Engineering, Construction and Building Technology. *Sustainability* 10(1), Article Number: UNSPI.
- Zavadskas, E. K.; Bausys, R.; Kaklauskas, A.; Ubarte, I.; Kuzminskė, A.; Gudienė, N. 2017a. Sustainable market valuation of buildings by the single-valued neutrosophic MAMVA method. *Applied Soft Computing* 57 (2017): 74–87.

- Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Sarka, V. 1994. The new method of multicriteria complex proportional assessment of projects. *Technological and Economic Development of Economy* 1(3): 131–139.
- Zavadskas, E. K.; Vilutienė, T.; Tamošaitienė, J. 2017b. Harmonization of cyclical construction processes: a systematic review. *Procedia Engineering* 208: 190–202.
- Zhang, H. H.; Peng, Y.; Tian, G. D.; Wang, D.Q.; Xie, P. P. 2017. Green material selection for sustainability: A hybrid MCDM approach. *PLOS ONE* 12(5): article Number: e0177578.
- Zhang, X.; Bayulken, B.; Skitmore, M.; Lu, W.; Huisingh, D. 2018. Sustainable urban transformations towards smarter, healthier cities: Theories, agendas and pathways. *Journal of Cleaner Production* 173: 1–10.
- Zhao, H.; Guo, S. 2015. External Benefit Evaluation of Renewable Energy Power in China for Sustainability. *Sustainability* 7(5): 4783–4805.
- Zhou, K.; Fu, C.; Yang, S. 2016. Big data driven smart energy management: From big data to big insights. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 56: 215–225.
- Zhu, B.; Xu, Z.; Zhang, R.; Hong, M. 2015. Generalized analytic network process. *European Journal of Operational Research* 244: 277–288.
- Венделин А. Г. *Подготовка и принятие управленческого решения*. М.: Экономика, 1977. 148 с.

Autoriaus mokslinių publikacijų disertacijos tema sąrašas

Straipsniai recenzuojamuose mokslo žurnaluose

Kaklauskas, A.; Zavadskas, E. K.; Radzeviciene, A.; Ubarte, I.; Podvezko, A.; Podvezko, V.; Kuzminskė, A.; Banaitis, A.; Binkyte, A.; Bucinskas, V. 2018a. Quality of city life multiple criteria analysis, *Cities* 72(Part A): 82–93. (Clarivate Analytics, IF₂₀₁₇=2,704)

Kaklauskas, A.; Herrera-Viedma, E.; Echenique, V.; Zavadskas, E.K.; Ubarte, I.; Mostert, A.; Podvezko, V.; Binkyte, A.; Podvezko, A. 2018b. Multiple criteria analysis of environmental sustainability and quality of life in post-Soviet states, *Ecological Indicators* 89: 781–807. (Clarivate Analytics, IF₂₀₁₇=3,983)

Kaklauskas, A.; Zavadskas, E.K.; Banaitis, A.; Meidute-Kavaliauskiene, I.; Liberman, A.; Dzitac, S.; Ubarte, I.; Binkyte, A.; Cerkauskas, J.; Kuzminskė, A.; Naumcik, A. 2018c. A neuro-advertising property video recommendation system, *Technological Forecasting and Social Change* 131: 78–93. (Clarivate Analytics, IF₂₀₁₇=3,129)

Kaklauskas, A.; Daniunas, A.; Binkyte, A.; Kliukas, R.; Kazokaitis, P.; Kaklauskas, G.; Juozapaitis, A.; Banaitis, A.; Budrytė, L. 2015. Crisis Thermometer for housing market

recommendations, *Land Use Policy*, 48: 25–37. ISSN 0264-8377. (Clarivate Analytics, IF₂₀₁₅=2,768)

Straipsniai kituose leidiniuose

Kaklauskas, A.; Amaratunga, D.; Haigh, R.; Binkyte, A.; Lepkova, N.; Survila, A.; Lill, I.; Tantane, S.; Banaitis, A. 2018d. A model and system for an integrated analysis of the iterative life cycle of university-industry partnerships, *Procedia Engineering. 7th International Conference on Building Resilience; Using scientific knowledge to inform policy and practice in disaster risk reduction, ICBR2017, 27–29 November 2017, Bangkok, Thailand*. Amsterdam: Elsevier BV, 212: 270–277. (Elsevier Biobase; Scopus; Knovel; Conference Proceedings Citation Index – Science (Web of Science); Reaxys; ScienceDirect). ISSN 1877-7058.

Gudauskas, R., Jokūbauskienė, S., Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A., Binkyte, A., Peciore, L., Budryte, L., Prialgauskas, D. 2015. Intelligent decision support system for leadership analysis, *Procedia Engineering. Innovative Solutions in Construction Engineering and Management*, 22: 172–180. Amsterdam: Elsevier BV. (Conference Proceedings Citation Index – Science (Web of Science); ProQuest Central). ISSN 1877-7058.

Binkytė, A. 2015. Saugaus ir sveiko būsto didžiųjų duomenų analitinio-rekomendacinio metodo ir rekomendacinės sistemos kūrimas, *18-oji Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencija „Mokslas – Lietuvos ateitis“ 2015 metų teminė konferencija „Verslas XXI amžiuje“*, 2015 m. vasario 5 d. Vilnius: Technika, p. 221–230. (Index Copernicus). eISSN 2029-7149.

Kaklauskas, A.; Peciore, L.; Binkyte, A.; Jazgevičienė, J.; Siniak, N. 2014a. CENEAST project: challenges and opportunities, *Экономика, оценка и управление недвижимостью: IV международная научно-практическая конференция, 28 марта 2014 года (Вильнюс) 2–3 апреля 2014 года (Минск): материалы конференции*. Минск : БГТУ, p. 31–43. ISBN 9789855304273.

Kaklauskas, A.; Peciore, L.; Paliskienė, R.; Binkyte, A.; Jazgevičienė, J.; Palionyte, U.; Bruzas, V.; Kvederavicius, K.; Siniak, N. 2014b. The use of intelligent and biometric technologies in ceneast project, *Экономика, оценка и управление недвижимостью: IV международная научно-практическая конференция, 28 марта 2014 года (Вильнюс) 2–3 апреля 2014 года (Минск): материалы конференции*. Минск: БГТУ, p. 44–53. ISBN 9789855304273.

Summary in English

Introduction

Problem formulation

Studies prove that human health is determined by the original set of an individual's biological characteristics, but a range of external factors, the population as a whole, and individual and collective experiences and activities also play a role (Remoundou, Koundouri 2009; European Environment Agency 2015; Buzytė 2015).

Human health much depends on the quality of food, water, air and housing (Streimikiene 2015; Conserve Energy Future 2017). People spend most of their time (80–90%) indoors. Many hours are spent at home, at work, shopping and in other indoor spaces, especially in cold seasons (Roberts 2016; Paulauskienė 2017). Studies by Klepeis *et al.* (2001) and Mercola (2015) revealed that Americans, on average, spend 87% of their time indoors, and another 6% or so in vehicles. Surveys performed by the European Environment Agency (2015) show that Europeans spend about 90% of their time indoors. Only about 10% of the time remain for outdoor activities, thus not only healthy lifestyles are a relevant topic today, but so is becoming “safe and healthy” housing (Sveikas būstas... 2014). Inadequate living conditions are a threat both to physical and mental health of people, and the factors of safe and healthy housing and living environment interact with health in complex and complicated ways (Buzytė 2013).

Unfortunately, no tools for housing health and safety are yet available the features of which could offer integrated analysis of big data (i.e. various micro, meso and macro

factors related to housing and its environment) allowing public authorities (i.e. municipalities and the parliament), businesses and natural persons in their decisions related to the implementation of public policies on housing health and safety.

Relevance of the thesis

Both in Lithuania and abroad, the political situation makes a great impact on public health. The World Health Organisation's (Global action plan 2013), the European Union's (Health 2020 A European 2013) and Lithuania's health policy (Lietuvos Respublikos Seimo... 2011) all have set goals towards the development of the health system. The goals, however, should not be limited to the development of the health system; they should also aim to promote healthy lifestyles among people and healthy environment and these actions are up to other sectors and especially people themselves, rather than the health system (Jankauskienė 2011). However, it is important that public administration and other public sector organizations, in their turn, before making decisions take into account the factors influenced by other sectors, housing residents, the environment, community actions, personal skills of the people, etc. They then make decisions and develop health policy strategies. According to Buškevičiūtė and Raipa (2011), the qualitative parameters of decision-making and implementation are mainly based on the efficiency of public administration, therefore, the decision-making process becomes very important in order to increase the efficiency of public administration. Unfortunately, there is still no analytical and recommender system, which provides the great details of the dwelling and its environment, and it will help faster and more effective decision-making related to housing management by public administrations and other interested parties.

Created the integrated Big Data Analytics Recommender System for Housing Health and Safety (hereinafter the integrated BDHOSS) makes it possible to analyze big data gathered from the micro, meso and macro environment. It is a vital tool for public institutions, businesses and natural persons, because with it officials and citizens can achieve more efficient decision-making when public policies on safe and healthy housing (action plans, regulatory measures, laws and funding priorities) have to be set.

The object of the research

This dissertation focuses on the management of safe and healthy housing in micro, meso and macro environment in order to keep it safe and healthy, according to the needs of stakeholder groups.

The aim of the thesis

The aim of the dissertation is to develop an integrated big data analytics recommender system for housing health and safety that will allow to manage safe and healthy house for the stakeholder groups.

Objectives of the thesis

In order to reach the research aim, the following tasks have been set out:

1. To analyse the research results from various countries on the importance of the big data assessment and management of safe and healthy housing and to identify what makes up the assessment of the life cycle of safe and healthy housing.

2. To analyse micro, meso and macro environment factors that affect safe and healthy housing, to prove the benefits of the integrated big data analytics recommender system for housing health and safety, to determine on the methods for big data analytics of safe and healthy housing and to decide on the assessment methodology.
3. To assess micro, meso and macro factors, to validate the reliability of this assessment by means of sensitivity analysis, and to examine practical scenarios.
4. To build the analytics recommender systems which complexly analyse safe and healthy housing.
5. To build the integrated big data analytics recommender system for housing health and safety and to prepare the databases and model bases required by this system.

Research methodology

The dissertation draws on articles, research and studies published by foreign and Lithuanian researchers. Statistical data, reports and information sheets issued by Lithuanian (the Lithuanian property and construction market, Statistics Lithuania) and foreign (Numbeo (2016), England's government) entities were used as sources in the criteria selection. Criteria assessment methods were proposed, combining both qualitative and quantitative criteria.

The scientific research adopted multiple criteria methods (COPRAS, INVAR, safe and healthy housing analytics, multiple criteria object utility degree optimisation) and produced another multiple criteria method, called CREST. The methods proposed for the criteria weight assignment are either expert judgement or the integrated criteria weight assignment. The benefits of the analytics recommender system were proved by means of LOGIT, a big data statistical analysis method. All recommender systems are based on collaborative filtering.

Scientific novelty of the thesis

This research produced the following original results in the field of management:

1. Created a multicriteria decision making method CREST, which allows to identify early rise and stagnation of the housing crisis, method was integrated with other multicriteria methods: COPRAS, INVAR, safe and healthy housing analytics, multiple criteria object utility degree optimisation.
2. A set of micro, meso and macroenvironment criteria has been compiled for assessing the quality of housing and establishing a housing certification class, assessing the Lithuanian construction and real estate sector, the quality of life of Vilnius and other European cities, the for sustainability of the environment of Lithuania and neighboring countries.
3. Conceptual model of the evaluation of the data of safe and healthy housing in the micro, meso, macroenvironment has been created, allowing to evaluate and manage the whole life cycle of housing.

4. A big data analytics recommender system for housing health and safety (BDHOSS) was developed, consisting of integrated micro, meso and macro-environment subsystems such as: the analysis subsystem for safe and healthy housing, the analysis subsystem for Lithuanian construction real estate sector, the optimisation subsystem for fundamental economic criteria, the analysis subsystem for quality of life measurements in Vilnius and other European cities, the analysis subsystem for sustainability measurements in Lithuania and its neighbouring countries, and the recommender subsystem.
5. This system makes it possible to assess housing health and safety in the context of micro, meso and macro environment, add efficiency to the decision making process and offer recommendations to politicians, occupants of safe and healthy housing and other stakeholders.

Practical value of research findings

The main practical benefit of these research results is faster and more accurate assessment of safe and healthy housing, and timely recommendations on ways to eliminate or mitigate adverse outcomes. Another aim is lower labour costs by facilitating a smooth decision making process related to housing health and safety issues.

The research findings were put to practice during the following projects: “Creating the national certification model for healthy housing”, a contract research project; “Students Achieving Valuable Energy Savings” (SAVES), a project within the Intelligent Energy – Europe (IEE) programme; and “Greening the Business: Green Business Management Trainings” (GreenB; 2015-1-FR01-KA204-015377) and “The iProfessional” (iPro; 540097-LLP-1-2013-1-BG-ERASMUS-EQR), two ERASMUS+ projects. The systems developed by this PhD candidate were adopted and used for the Erasmus+ teaching process.

Defended statements

1. Using created innovative multi criteria decision support CREST method could be determine the level of crisis temperature, trends in the Lithuanian construction and real estate market and provided recommendations.
2. The integrated BDHOSS is a collection of established mathematical models and methods vital when complex management issues have to be addressed, and offers quantitative and qualitative issue analysis that may help with stakeholder decisions.

Approval of research findings

The key research findings were announced in nine research articles: four in scientific journals listed in Clarivate Analytics’ Web of Science (Kaklauskas *et al.* 2015; Kaklauskas *et al.* 2018a; Kaklauskas *et al.* 2018b; Kaklauskas *et al.* 2018c), one in the scientific journal “Science – future of Lithuania” (Binkytė 2015), two in peer-reviewed international conferences proceedings (Gudauskas *et al.* 2015; Kaklauskas *et al.* 2018d), and two in other international and national conference proceedings (Kaklauskas *et al.* 2014a; Kaklauskas *et al.* 2014b).

The dissertation's research findings were also presented at four scientific conferences in Lithuania and abroad:

- 18th conference of young Lithuanian scientists “Science – Future of Lithuania”, 5 February 2015, Vilnius, Lithuania.
- International conference Operational Research in Sustainable Development and Civil Engineering Meeting of EURO Working Group and 15th German–Lithuanian–Polish Colloquium (ORSDCE 2015), 19–21 June 2015, Poznań, Poland.
- International conference «Экономика, оценка и управление недвижимостью: IV международная научно-практическая конференция», 28 March 2014, Vilnius, Lithuania.
- 7th International Conference on Building Resilience; Using scientific knowledge to inform policy and practice in disaster risk reduction, ICBR 2017, 27–29 November 2017, Bangkok, Thailand.

Structure of the dissertation

The dissertation contains an introduction, three chapters and a summary of the results.

The total volume is 158 pages (excluding annexes) with 46 numbered equations, 39 figures and 22 tables in the text. The total number of references used in this dissertation is 243.

1. Theoretical analysis on big data assessment for housing health and safety

Chapter 1 analyses the concept of safe and healthy housing and the role of decision making in public policy implementation. It has been determined that big data analytics and analytic recommender systems play an important role in the management and assessment of safe and healthy housing. The chapter identifies the objectives, directions and areas of application pertaining to big data. Big data analytics recommender methods and systems for safe and healthy housing are then analysed and the objectives of the dissertation stated. The assessment of the life cycle of safe and healthy housing is visualised in a diagram.

The analysis of research shows that safe and healthy housing has become a relevant topic today, which is due to the fact that housing plays a significant role in the health of people, in particular children. This issue merits integrated analysis – not only indoor microclimate has to be considered, but the external environment as well. It is important to gather as much data as possible, analyse them comprehensively and obtain reliable information. The literature describes many different safe and healthy housing assessment models; an integrated model that would assess the experience of Lithuania and foreign countries has, unfortunately, not been discovered. Neither has a model that would consider and analyse safe and healthy housing in micro, meso and macro environment been encountered. This dissertation, therefore, sets out to develop such a conceptual assessment model. This model serves as a foundation on which the integrated big data analytics recommender system for housing health and safety is then built.

Decisions are a key part of any action taken by national authorities and other public organisations in their efforts to implement public policies. The qualitative characteristics

of decision making and implementation certainly make the biggest impact on the efficiency of public governance (Buškevičiūtė, Raipa 2011). It has been determined that the big data analytics recommender system for housing health and safety should draw on the theories and subtheories of public governance and quantitative methods.

The literature analysis shows that various MCDM methods are used when real safe and healthy housing issues arise. These methods help with issues in areas ranging from energy, environmental protection and sustainability (Soltani *et al.* 2015; Zavadskas *et al.* 2015), supply chain management (Rajesh, Ravi 2015), material selection (Zavadskas *et al.* 2004), quality management (Lupo 2015) and GIS (Latinopoulos, Kechagia 2015) to construction and project management (Monghasemi *et al.* 2015), safety and risk management (Ilangkumaran *et al.* 2015), manufacturing systems, technology and information management (Oztaysi 2014), operational research and computations (Angilella, Mazzù 2015; Bouyssou, Marchant 2015; Zhu *et al.* 2015), strategic management (Hosseini Nasab, Milani 2012), manufacturing management (Rabbani *et al.* 2014) and tourism management (Akincilar, Dagdeviren 2014). The analysis suggests that multiple criteria decision-making methods based on quantitative measurements are a popular choice in dealing with property-related issues. The multiple criteria methods applied in this dissertation ensure more speed and accuracy in decision making. They also offer deeper insights into organisational processes. In recommender systems, the most popular technique is collaborative filtering. This chapter also analyses safe and healthy housing systems and big data analytics recommender systems available around the globe. The analysis of traditional decision support systems suggests that an integrated big data analytics recommender system for housing health and safety that would integrate multiple subsystems, offer housing health and safety measurements in the context of micro, meso and macro environment, add efficiency to the decision making process and serve recommendations to politicians, occupants of safe and healthy housing and other stakeholders is not yet available and would be innovative on the global scale. The form of a group decision support system was selected because it can, like any decision support system, analyse various housing and property issues but also considers interests of all stakeholder groups.

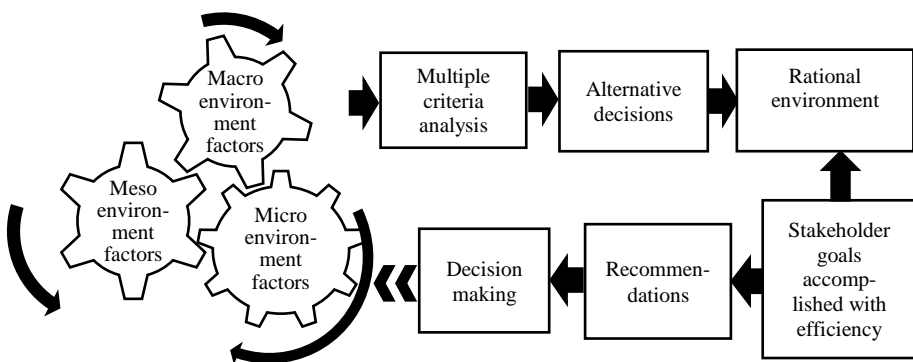


Fig. S1.1. The diagram of the assessment of big data on safe and healthy housing (created by the author)

It has been established that housing efficiency depends on a number of variables acting on it at three levels, namely micro, meso and macro (Fig. S1.1). Macro environment factors determine the efficiency at country level. When we select which criteria defining the life cycle of housing to include in the system, it is necessary to draw on the ideas of other authors.

This need stems from the fact that stakeholder goals and the system of criteria that defines projects are in a sense rather subjective. An integrated look at the life cycle of housing requires an integrated analysis of the cycle with a comprehensive system of criteria considered.

Relatively, the aforementioned system of criteria can be split into three first-tier subsystems, each representing the impact of micro, meso and macro environment factors on the efficiency of housing management.

When all criteria have been selected and their subsystems are ready, it is important to adopt methods that would make sure various stakeholders get their results and recommendations in time.

2. Assessment methodology for big data on housing health and safety

Chapter 2 of the dissertation presents concluded the sets of macro (Lithuania and its neighbouring countries, Vilnius and other European cities), meso (construction and real estate industry) and micro (housing) criteria for safe and healthy housing. It also analyses two weight assignment methods, namely expert judgement and integrated criteria weight assignment for safe and healthy housing. Several multiple criteria analysis methods are analysed: COPRAS, CREST, INVAR, the multiple criteria object utility degree optimisation method, and assessment of safe and healthy housing analytics method. The big data statistical analysis method LOGIT is analysed too. The chapter presents mathematical descriptions of the methods. A conceptual big data assessment model for safe and healthy housing at micro, meso and macro levels is developed (Fig. S2.1).

Identifying the values and weights of the criteria that define the alternatives is a very important stage in multiple criteria analysis of safe and healthy housing. Two methods are proposed for assigning a weight to each criterion that defines safe and healthy housing: either the assessment of expert judgement concordance or integrated criteria weight assignment for safe and healthy housing. The qualitative and quantitative properties of the criteria are taken into account in this procedure. The methods proposed for the analysis of big data on safe and healthy housing are COPRAS and safe and healthy housing analytics. This method looks at micro environment factors and measures the health of safe and healthy housing. The results form the foundation for the recommender system designed to assist stakeholders in rational collaborative management of housing. The method measures the impact on health made by the basic public health risks (outdoor air quality, odours, ambient noise levels, non-ionising radiation, indoor air quality and thermal comfort, i.e. microclimate, in safe and healthy housing) and the public health risks identified by other countries. This method is designed for micro environment analysis. Based on the method, the analytics recommender system for housing health and safety was developed.

Various environmental factors (economic, legal, etc.) act on housing and may pose a threat to its health and safety.

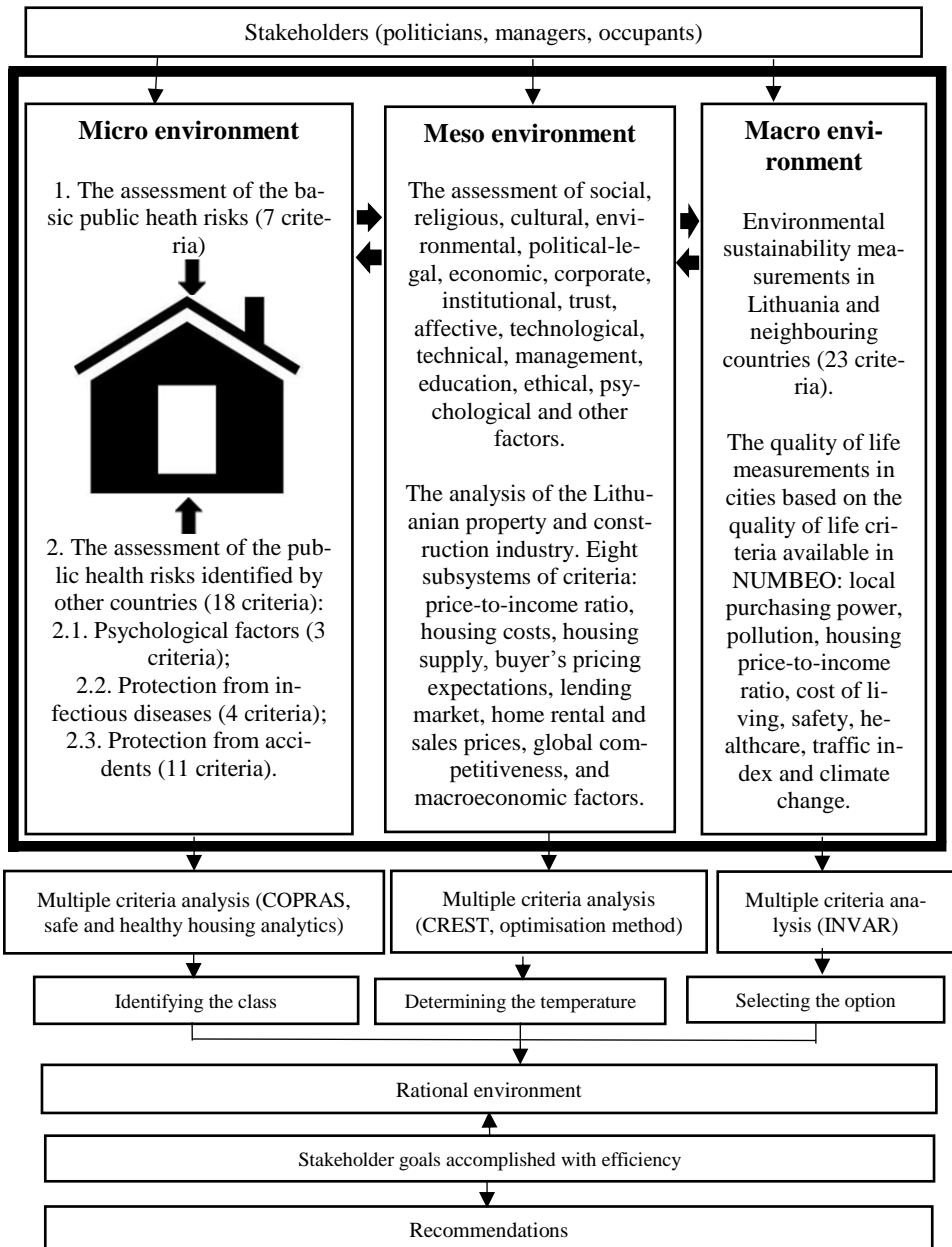


Fig. S2.1. The conceptual big data assessment model for housing health and safety (created by the author)

When national economy is in bad shape (a crisis of safe and healthy housing), failure to secure housing health and safety becomes possible. To address the issue, the author of this dissertation worked with colleagues and developed the Construction and Real Estate Sector Thermometer (CREST), an analytics recommender method. It can easily be applied to measure the competitiveness in a given year and spot an approaching housing crisis. With this recommender system, persons acting in the safe and healthy housing market (politicians and social partners) can become co-creators of an effective and accessible safe and healthy housing market. The multiple criteria object utility degree optimisation method is proposed for the analysis of the criteria defining the state of Lithuania's economy (unemployment, real and nominal interest rates, market situation, etc.) in a given year. The system of criteria with their values and weights is then used to determine what housing price-to-income ratio would be rational in a given year. These methods are used in the analysis of the meso environment.

For the analysis of the macro environment of safe and healthy housing (measuring the national environmental sustainability in Lithuania and its neighbouring countries and the quality of life in Vilnius and other European cities), the INVAR (Project Utility Degree and Investment Value Assessments with Recommendations) method is proposed. In case of INVAR, the ranks and weights of alternative options depend, directly and proportionally, on the matrix of criteria that define the alternative options adequately and on the criteria values and weights (Kaklauskas 2016). Phases 1–5 of INVAR correspond to those of COPRAS (Zavadskas *et al.* 1994, Kaklauskas 1999).

Phases 6–10, however, are different and in case of INVAR they include digital recommendations and criteria optimisation in order to make the object in question as competitive as other alternatives being compared.

Based on INVAR, CREST, COPRAS and LOGIT, a system was developed. The system is designed to assess the current situation, measure environmental sustainability in Lithuania and its neighbouring countries and provide recommendations, measure the quality of life in Vilnius and other European cities, determine the potential of the Lithuanian property and construction industry and provide recommendations, and measure the healthiness of safe and healthy housing and provide recommendations.

The impact of micro, meso and macro environment on safe and healthy housing is determined. The proposed conceptual integrated assessment model forms the basis for an integrated decision support system based on multiple criteria analysis. The results of the assessment of the integrated decision support system are then used to build an integrated recommender system that any stakeholder could use. The safe and healthy housing sector would then enjoy efficient control, appropriate strategies and action planning, and prompt management.

3. Results of empirical research on big data assessment for housing health and safety

This chapter presents multiple criteria analysis of big data on safe and healthy housing in micro, meso and macro environment. The analysis is performed using the criteria, methods and integrated big data analytics recommender system for housing health and safety presented in Chapter 2. The analysis considers macro environment (the development of environmental sustainability in Lithuania and its neighbouring countries and the quality of

life in Vilnius and other European cities are analysed), meso environment (the Lithuanian property and construction industry is analysed and the fundamental economic indicators are optimised), and micro environment (safe and healthy housing and environment pollution are analysed and the impact of housing on human health is projected). Several analytics recommender systems have been developed. They analyse the development of environmental sustainability in Lithuania and its neighbouring countries, and the quality of life in Vilnius and other European cities. The multiple criteria assessment decision support and recommender system for safe and healthy housing has been developed as well. The system can determine the health class of housing and provide recommendations on ways to improve the living conditions by looking at the criteria identified in Lithuania and other countries. Further three systems are the housing crisis analytics recommender system, the recommender system for energy saving in student dormitories and the recommender system for location-based environmental pollution measurements. All the abovementioned systems are combined into a single system, called the integrated BDHOSS.

INVAR was adopted to assess environmental sustainability in Lithuania and its neighbouring countries. The method was applied to examine the environmental sustainability trends in Lithuania, its neighbouring countries, nine other European countries (Germany, France, UK, Italy, Spain, Denmark, Norway, Sweden and Finland) and three Asian countries (China, Iran and India) over the period between 1991 and 2016. A matrix of integrated criteria was used for the purpose. It was specifically designed for environmental sustainability analysis in countries that are interconnected in a changing world. The research discovered strong correlations linking macroeconomic performance, labour productivity, ease of doing business, the Environment Performance Index and the Ecological Footprint index to the Human Development Index (HDI). Another correlation was discovered linking the Environment Performance Index, the Ecological Footprint index and the Quality of Life Index to the gender inequality, socialising, happiness, education and social progress indices. A significant direct dependence exists between the 2012 ecological footprint per capita and the happiness index ($r = 0.6923$), education index ($r = 0.7755$) and social progress index ($r = 0.7696$). Studies reveal that a better rank on the happiness, education and social progress indices corresponds to better standing on the ecological footprint per capita ranking. The results suggest that Lithuania and its neighbouring countries can improve their Ecological Footprint index, Environment Performance Index and Quality of Life Index rankings by improving their gender equality, corruption, happiness, education and social progress performance and by putting more emphasis on other qualitative national development goals.

In INVAR phase 10, every selected criterion value can be optimised (see Chapter 2 and Kaklauskas, 2016). Let's look at Lithuania's (a_{15}) 2012 Ecological Footprint index ranking (x_{22}) as an example. We want to improve the country's economic performance and see Lithuania higher among other countries, for instance, in Top 7 (Annex H). Its ecological footprint $x_{22\ 15}$ then must increase until Lithuania lands in Top 7. The calculations were done using the equations from COPRAS phases 1–5 and INVAR phase 10. It took 211 cycles before Lithuania reached $x_{22\ 15\ \text{cycle}\ 211} = 6.78$ gha, with the utility degree $N_{15\ \text{cycle}\ 211} = 55.78\%$. This utility degree ensured better economic performance of Lithuania. In terms of environment sustainability, Lithuania landed in Top 7. Countries can get digital recommendations on ways to improve certain values and learn how the new values

will affect their overall environmental sustainability score. Among the countries analysed in this research, Germany (a_1) ranks highest on the Quality of Life Index ($x_{19\ 1} = 195.94$). Lithuania's (a_{15}) Quality of Life Index is 112.85 ($x_{19\ 15} = 112.85$). To catch up with Germany (a_1) on Quality of Life Index (x_{19}), Lithuania must improve its score by 73.63%. Lithuania's (a_{15}) rank among the countries would then increase by 12.2745%. INVAR, thus, opens broader social, environmental, economic, political and cultural contexts and sheds more light on changes that have taken place in Lithuania and its neighbouring countries.

INVAR was also used in the analysis of the quality of life in Vilnius and other European cities. To make the quality of life in Vilnius equal to that of Frankfurt, COPRAS and INVAR were used and the 2015 housing price-to-income ratio was optimised for Vilnius. It was determined that 455 approximation cycles are required before Vilnius' housing price-to-income ratio drops to 4.31% at which point the city's utility degree on the quality of life index comes close to that of Frankfurt ($x_{5\ 26\ cycle\ 455} = 4.31$, $|-0.02\%| < 0.1\%$). According to the data, Dublin (a_{24}) enjoyed the lowest housing price-to-income ratio in 2015 (index $x_{5\ 24} = 4.85$). To cut the housing price-to-income ratio for Vilnius (a_{26}) (index $x_{5\ 26} = 13.41$) down to that of Dublin, the housing price-to-income ratio in Vilnius must be, by various means, reduced by 63.83%. The quality of life in Vilnius would then improve by 21.4565%.

To ensure the reliability of COPRAS and INVAR, the methods applied, the results produced by COPRAS were compared with the city and country rankings available in NUMBEO. The results prove that the method used in the assessment of environmental sustainability in Lithuania and its neighbouring countries and the quality of life in Vilnius and other European cities is reliable and can be applied in other similar studies.

The CREST method analysed in Chapter 2 served as a basis for an analytics recommender system. The CREST analytics recommender system assesses factors grouped into eight subsystems: price-to-income ratio criteria subsystem; housing costs criteria subsystem; housing supply criterion subsystem; buyer's pricing expectations criteria subsystem; lending market criteria subsystem; home rental and sale prices criteria subsystem; global competitiveness criteria subsystem; and macroeconomic criteria subsystem. The macroeconomic criteria subsystem and the results it produces are analysed as an example. Since the criteria have various dimensions, they were normalised (Fig. S3.1).

The chart in Figure S3.1 shows the fluctuations in the relative criteria over time and reveals a strong link between Lithuania's GDP and inflation, monthly average real wages paid to the country's labour force, construction investments, construction output and housing price figures. It may be stated that Lithuania's economy was growing fastest in 2010 and 2012, but between 2007 and 2009 and in 2011 inflation was inhibiting the GDP growth. The CREST equations revealed that over the period in question Lithuania's property and construction market enjoyed a boom in 2007–2008 and stagnated in 2009. The period between 2007 and 2008, therefore, shows very high temperatures ($T_{2007} = 39.99^\circ$, $T_{2008} = 40.28^\circ$), but in 2009 the temperature is very low ($T_{2009} = 33.65^\circ$). The intended users of the property and construction industry crisis management recommender system that has been developed are politicians and social partners. The system's recommendations offer politicians and social partners an easier way to grasp changes occurring in the

meso environment, assess them and use them for prompt decisions. In order to make a more thorough analysis of the meso environment and housing crisis criteria, four optimisation systems were developed; they optimise housing price-to-income ratio, unemployment levels, real interest rates and nominal interest rates. The housing price-to-income ratio optimisation system is analysed as an example. It looks at 26 criteria related to the property and construction industry and covers the period between 2005 and 2014. In this case, it was automatically established that to make the 2008 housing price-to-income ratio equally rational as those of other years in question, it should be reduced from 11.9% to 9.0961%. Computations confirmed this result. With the help of LOGIT, a big data statistical analysis method, it has been determined that housing affects human emotions and health: it causes stress, cuts productivity and harms health.

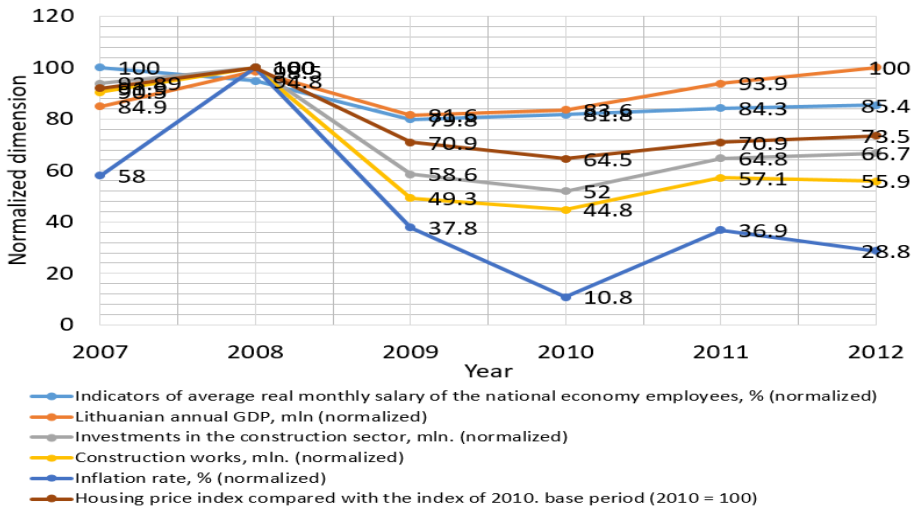


Fig. S3.1. The fluctuations in the relative criteria between 2007 and 2012 (created by the author)

To take a thorough look at housing, a database of the basic public health risks and the public health risks identified by other countries was created. The risks were assessed. A home located at Fizikų g. 6, Vilnius, was selected as an illustration. To analyse noise levels, a database of criteria was created. Each criterion was assessed by considering its weight (scored between 1 and 5) and its impact on the quality of life. The results of the multiple criteria analysis show that this particular property is a Class E home, because its utility degree is between 0% and 60% (fails to meet the requirements for safe and healthy housing). Class A homes score between 91% and 100%, Class B homes score between 81% and 90%, Class C homes score between 71% and 80%, and Class D homes score between 61% and 70%. Based on the results of the multiple criteria assessment, the system offers the user recommendations by pointing out which criteria contribute most to the bad standing of the building. In case of the home in question, traffic and industrial noise has been determined as the biggest adverse factor.

Based on the aforementioned system, a recommender system for housing health and safety was created. The recommender system asks the user several basic questions related to the criteria of housing health and safety. Figure S3.2 shows a sample of the questions.

ANALYTICS RECOMMENDER SYSTEM FOR HOUSING

HEALTH AND SAFETY

[LT](#) | [EN](#) | [RU](#) | [\[Login \]](#)

[Are there any traces of moisture or mould in your house?](#)

[Is the temperature inside your house too low?](#)

[Is the temperature inside your house too high?](#)

[Are there any traces of asbestos or artificial mineral fibres in your house?](#)

[Do you use biocides?](#)

[Are there any sources potential to emit carbon monoxides or fuel combustion products in your house?](#)

Fig. S3.2. The questions fragment asked by the recommender system for housing health and safety (created by the author)

When the user selects a relevant question and clicks on its link, the system asks further detailed questions related to the one the user has selected. The user can answer these questions by selecting either Yes or No (Fig. S3.3).

ANALYTICS RECOMMENDER SYSTEM FOR HOUSING

HEALTH AND SAFETY

[LT](#) | [EN](#) | [RU](#) | [\[Login \]](#)

Are your premises highly humid?

Does condensate accumulate in premises?

Are there any traces of mould in premises?

Is the air in the premises too dry?

Do building structures protect against humidity?

Fig. S3.3. Further questions asked when the user selects the question “Is your home affected by damp or mould?” (created by the author)

When the user clicks the Get Tips button, the system automatically offers recommendations (Fig. S3.4).

ANALYTICS RECOMMENDER SYSTEM FOR HOUSING HEALTH AND SAFETY

LT | EN | RU | [Login]

Keep rooms up to 50% moisture

-

The condensate builds up on cold walls and window glass, so first of all you need good ventilation. If the house is very damp, micro-ventilation may not be enough - you will need to install a ventilation system. If the mold is deposited on a concrete surface, it is necessary to apply the walls with special tools and then to warm them up.

-

Normalized air humidity is assisted by indigenous plants and indoor flowers.

-

In case of excessive humidity, use electric humidifiers.

-

Sometimes due to excessive moisture content it is needed to blame the foundation, without waterproofing. In most cases, this is typical for an old building, but in this case neither the restoration of the walls nor the insulation of the foundations help. If the foundations are actually forged, you need to use a very expensive special system which is able to stop the rise of moisture.

Fig. S3.4. Safe and healthy housing recommendations for the user (created by the author)

The assessment system for housing health and safety integrates digital maps. They provide information about the quality of the environment for any safe and healthy housing being considered. From these digital maps, the system automatically offers data about CO, NO₂, KD₁₀, KD_{2.5}, O₃, SO₂ and ambient noise levels. The user can view location-based parameters, maximum permitted concentrations and tips for a property in question. If a parameter exceeds the maximum allowed concentration, the system can offer recommendations. This pollution map makes stakeholders better informed about the environment of a home, which can lead to right decisions. Another system developed during this research is the recommender system for energy saving in student dormitories. This system offers its users recommendations on actions that can ensure efficient use of electrical power. The user answers several questions and the system automatically shows its recommendations. The recommender systems developed during this research use collaborative filtering.

All these systems are integrated into a single system, called the integrated BDHOSS. A flat was selected for that purpose and its virtual tour was created available at http://iti.vgtu.lt/imitacijosmain/Integruota_BDHOSS.swf. A click on the red circle moves you from one room to another. The virtual tour includes embedded elements (icons). They inform of possible issues related to a certain spot of the flat that may cause problems to the flat's occupants. These issues can be mould, insufficient heating and others.

In the tour, the info icon "i" opens the following decision support and recommender systems: the micro environment DB for safe and healthy housing analysis; the micro environment recommender DB for safe and healthy housing analysis; the micro environment recommender DB for energy saving in student dormitories; the meso environment DB for property and construction industry analysis; the housing crisis meso environment recommender DB; the unemployment, housing price-to-income ratio, nominal interest rate and real interest rate optimisation meso environment DB; the macro environment DB for the analysis of the 2012–2016 quality of life in cities; and the macro environment DB for 2012–2016 environmental sustainability assessment in Lithuania and its neighbouring countries.

The integrated BDHOSS is, thus, designed to supply stakeholders with as much information about a home's micro, meso and macro environment as possible, facilitate big

data analytics, and help with vital decision making when efficient management of housing and its environment is sought. The virtual tour integrates several decision support and recommender subsystems. The integrated BDHOSS offers information required for decision-making as numbers, texts or diagrams. The integrated BDHOSS thus provides the decision maker with diverse and thorough quantitative and qualitative information about safe and healthy housing and its environment from the database, offers flexible analysis of these factors by means of the model base and lets the user make a decision.

General conclusions

1. The analysis of research showed that safe and healthy housing has become a relevant topic today, which is due to the fact that housing plays a significant role in the health of people, in particular children. The problem needs to be analysed in a comprehensive and complex way, not only only indoor microclimate has to be considered, but the external environment as well.
2. The literature describes many different safe and healthy housing assessment models; an integrated model that would assess the experience of Lithuania and foreign countries has, unfortunately, not been discovered. Neither has a model that would consider and analyse safe and healthy housing in micro, meso and macro environment been encountered.
3. Literature analysis has shown that in practice dealing with the problems of safe and healthy housing in the field of real estate, most of them combine integrated methods of big data analysis and algorithms, various MCDM methods and the results of the research are referenced in the economics, informatics, and business magazines. This allows to state that the problem is considered interdisciplinary.
4. The micro, meso, macroenvironment evaluation of the data of safe and healthy housing and the reliability analysis of the INVAR method are carried out:
 - 4.1. To assess environmental sustainability in Lithuania and its neighbouring countries over the period between 1991 and 2016 was applied INVAR method. The research discovered strong correlations linking macroeconomic performance, labour productivity, ease of doing business, the Environment Performance Index and the Ecological Footprint index to the Human Development Index. Studies reveal that a better rank on the happiness, education and social progress indices corresponds to better standing on the ecological footprint per capita ranking. The results suggest that Lithuania and its neighbouring countries can improve their Ecological Footprint index, Environment Performance Index and Quality of Life Index rankings by improving their gender equality, corruption, happiness, education and social progress performance and by putting more emphasis on other qualitative national development goals.
 - 4.2. Analyzing the quality of life of Vilnius and other European cities, it can be argued that the quality of life in Vilnius is rather low, as it occupies the 35th place from 40 analyzed cities. Therefore, public sector organizations should take steps to raise this level.

- 4.3. To ensure the reliability of COPRAS and INVAR, the methods applied, the results produced by COPRAS were compared with the city and country rankings available in NUMBEO. The results prove that the method used is reliable and can be applied in other similar studies.
- 4.4. The CREST equations revealed that over the period in question Lithuania's property and construction market enjoyed a boom in 2007–2008 and stagnated in 2009. The period between 2007 and 2008, therefore, shows very high temperatures ($T_{2007} = 39.99^\circ$, $T_{2008} = 40.28^\circ$), but in 2009 the temperature is very low ($T_{2009} = 33.65^\circ$). This trend is confirmed by a detailed analysis of the most important criteria of Lithuanian construction and real estate sector.
- 4.5. The results of the multiple criteria analysis show that assessed housing rates are lower than the evaluated housing. The evaluated housing provided a Class E, because its utility degree is between 0% and 60% (fails to meet the requirements for safe and healthy housing). Class A score between 91% and 100%, Class B score between 81% and 90%, Class C score between 71% and 80%, and Class D homes score between 61% and 70%. Based on the results of the multiple criteria assessment, the system offers the user recommendations by pointing out which criteria contribute most to the bad standing of the building. In case of the home in question, traffic and industrial noise has been determined as the biggest adverse factor.
5. Based on the research carried out, systems have been developed that assess the basic public health risk factors and public health risk factors according to foreign experience, help to predict the effects of housing on human emotions, health, analyze environmental pollution according to address, allow to provide recommendations for housing management and energy saving (microenvironment). Developed systems that analyze the Lithuanian construction and real estate sector (CREST), optimize the most important economic indicators of Lithuania (mesoenvironment). Developed systems that evaluate the environment sustainability of Lithuania and neighboring countries, the quality of life of Vilnius and other European cities (macroenvironment), forms recommendations.
6. Created an innovative BDHOSS systems that analyse micro, meso and macro environment, and consists of database and database management system, model base and model base management system, user interface, which makes recommendations on how to ensure housing health and safety for all stakeholders in the construction and real estate market development in time and ensures effective and prompt decision making by politicians, business representatives, residents and other stakeholders. An integrated system can be used as an additional tool for assessing the value of safe and healthy housing, which ensures the effective implementation of management functions in public administrations: comprehensive data collection and analysis, control, planning of strategies and actions, organization and coordination. The implementation of these key management functions ensures rational management of safe and healthy housing.

Priedai³

- A priedas.** Straipsnių skaičius ir žurnalų pavadinimai Clarivate Analytics Web of Science duomenų bazėje pagal raktinius žodžius (didieji duomenys + nekilnojamasis turtas)
- B priedas.** Straipsnių skaičius ir žurnalų pavadinimai Clarivate Analytics Web of Science duomenų bazėje pagal raktinius žodžius (didžiųjų duomenų gavyba + nekilnojamasis turtas)
- C priedas.** Dažniausiai nekilnojamą turto srityje taikomi MCDM metodai
- D priedas.** Tarptautiniai moksliniai tyrimai, kuriuose analizuoti aplinkos darnumo ir gyvenimo kokybės veiksniai
- E priedas.** Koreliacijos, susiejančios nagrinėjamus kriterijus
- F priedas.** Lietuvos ir kaimyninių šalių daugiakriterė aplinkos darnumo sprendimo priėmimo matrica
- G priedas.** Daugiakriterė sprendimų priėmimo matrica nacionaliam aplinkos darnumui vertinti
- H priedas.** Nacionalinio aplinkos darnumo daugiakriterės analizės rezultatai

³ Priedai pateikiami pridėtoje kompaktinėje plokštelėje.

- I priedas.** Išgyvenimo vertybės palyginti su saviraiškos vertybėmis, 1981–2006 m.
- J priedas.** 2012–2016 m. Lietuvos ir kaimyninių šalių jautrumo analizės rezultatai
- K priedas.** 2012–2016 m. Vilniaus ir kitų Europos miestų jautrumo analizės rezultatai
- L priedas.** Disertacijos autorės sąžiningumo deklaracija
- M priedas.** Bendraautorių sutikimai teikti publikacijose skelbtą medžiagą mokslo daktaro disertacijoje
- N priedas.** Autorės mokslinių publikacijų disertacijos tema kopijos

Arūnė BINKYTĖ

SAUGAUS IR SVEIKO BŪSTO DIDŽIŲJŲ
DUOMENŲ ANALITINĖ-REKOMENDACINĖ
SISTEMA

Daktaro disertacija

Socialiniai mokslai,
vadyba (03S)

BIG DATA ANALYTICS RECOMMENDER
SYSTEM FOR HOUSING HEALTH AND SAFETY

Doctoral Dissertation

Social Sciences,
Management (03S)

2018 07 04. 15,0 sp. l. Tiražas 20 egz.
Vilniaus Gedimino technikos universiteto
leidykla „Technika“,
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius,
<http://leidykla.vgtu.lt>
Spausdino UAB „BMK leidykla“
J. Jasinskio g. 16, 01112 Vilnius