

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Ernestas GAUDUTIS

KOMPLEKSINIS AUKŠTYBINIŲ PASTATŲ PROJEKTINIŲ SPRENDINIŲ VERTINIMAS

DAKTARO DISERTACIJA

TECHNOLOGIJOS MOKSLAI,
STATYBOS INŽINERIJA (02T)



LEIDYKLA
Vilnius TECHNIKA 2013

Disertacija rengta 2007–2013 metais Vilniaus Gedimino technikos universitete.

Disertacija ginama eksternu.

Mokslinis konsultantas

dr. Jolanta TAMOŠAITIENĖ (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, statybos inžinerija – 02T).

Mokslinis vadovas

prof. habil. dr. Josifas PARASONIS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, statybos inžinerija – 02T), (2007–2012).

Vilniaus Gedimino technikos universiteto Statybos inžinerijos mokslo krypties disertacijos gynimo taryba:

Pirmininkas

prof. dr. Povilas VAINIŪNAS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, statybos inžinerija – 02T).

Nariai:

dr. Raimondas BLIŪDŽIUS (Kauno technologijos universitetas, statybos inžinerija – 02T),

prof. habil. dr. Friedel PELDSCHUS (Leipcigo taikomųjų mokslų universitetas, vadyba – 03S),

prof. dr. Saulius RASLANAS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, statybos inžinerija – 02T),

dr. Zenonas TURSKIS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, statybos inžinerija – 02T).

Disertacija bus ginama viešame Statybos inžinerijos mokslo krypties disertacijos gynimo tarybos posėdyje **2013 m. spalio mėn. 14 d. 14 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 išsiusti 2013 m. rugsėjo 13 d.

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

VGTU leidyklos TECHNIKA 2163-M mokslo literatūros knyga

ISBN 978-609-457-546-4

© VGTU leidykla TECHNIKA, 2013

© Ernestas Gaudutis, 2013

ernestas.gaudutis@gmail.com

VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY

Ernestas GAUDUTIS

COMPLEX ASSESMENT OF HIGH-RISE BUILDINGS DESIGN SOLUTIONS

DOCTORAL DISSERTATION

TECHNOLOGICAL SCIENCES,
CIVIL ENGINEERING (02T)



LEIDYKLA

Vilnius TECHNIKA 2013

Doctoral dissertation was prepared at Vilnius Gediminas Technical University in 2007–2013.

The dissertation is defended as an external work.

Scientific Consultant

Dr Jolanta TAMOŠAITIENĖ (Vilnius Gediminas Technical University, Civil Engineering – 02T).

Scientific Supervisor

Prof Dr Habil Josifas PARASONIS (Vilnius Gediminas Technical University, Civil Engineering – 02T), (2007–2012).

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

Chairman

Prof Dr Povilas VAINIŪNAS (Vilnius Gediminas Technical University, Civil Engineering – 02T).

Members:

Dr Raimondas BLIŪDŽIUS (Kaunas University of Technology, Civil Engineering – 02T),

Prof Habil Dr Friedel PELDSCHUS (Leipzig University of Applied Sciences, Management – 03S),

Prof Dr Saulius RASLANAS (Vilnius Gediminas Technical University, Civil Engineering – 02T),

Dr Zenonas TURSKIS (Vilnius Gediminas Technical University, Civil Engineering – 02T).

The dissertation will be defended at the public meeting of the Dissertation Defense Council of Civil Engineering in the Senate Hall of Vilnius Gediminas Technical University at **2 p. m. on 14 October 2013.**

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 13 September 2013.

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

Reziumė

Disertacijoje nagrinėjamas daugiatislių vertinimo metodų taikymas teritorijų planavimo ir pastato projektavimo procese. Aukštybinių pastatų projektinių sprendinių parinkimas turi būti atliekamas, įvertinant mikro-, mezo- ir makroaplinkos veiksnius bei skirtingų suinteresuotų grupių poreikius. Priimti sprendimai pastato projektavimo etape turi įtaką pastato statybos ir viso pastato gyvavimo laikotarpiui. Iki šiol aukštybinio pastato projektiniai sprendiniai nebuvo kompleksškai vertinami.

Pirmajame skyriuje apibrėžiamas tyrimo objektas – aukštybinis pastatas. Pastato gyvavimo ciklo procesas yra neatsiejamas nuo teritorijų planavimo etape priimtų sprendinių. Literatūros apžvalgoje pateikti makro-, mezo-, mikrolygmens veiksniai, suinteresuotų grupių ryšių schemos, vykdančios projektavimo darbus.

Antrajame disertacijos skyriuje pateiktas naujas kompleksinio vertinimo modelis, grindžiamas įvairiais vertinimo metodais. Daugiapakopis kompleksinis vertinimo modelis pritaikytas pastatų konstrukciniams sprendiniams vertinti pirminiame projektavimo etape. Skyriuje nustatomi pagrindiniai vertinimo rodikliai ir jų reikšmingumai, nustatomos galimos kokybinių bei kiekybinių rodiklių vertinimo reikšmės.

Trečiajame skyriuje pateiktas praktinis kompleksinio vertinimo modelio taikymas, siekiant racionalesnių ekonominių, techninių, socialinių, kokybinių projektuojamo pastato charakteristikų. Pirmajame aukštybinių pastatų išdėstymas mieste uždavinyje, kuris paprastai sprendžiamas specialiojo plano apimtyje, išlieka vienu reikšmingiausių etapų, turinčių įtakos pastato gyvavimo procesui. Pateiktas aukštybinių pastatų vietos parinkimas Vilniaus mieste, atsižvelgiant į išnagrinėtas Europos miestų aukštybinių pastatų išdėstymo strategijas. Vertinimui taikyti SSGG, ekspertinio vertinimo, SAW, lošimų teorijos metodai, MOORA ir MULTIMOORA. Taip pat gali būti vertinami pastato projektavimo sprendiniai, kuriems nustatyti vertinimo rodikliai gali būti aprašomi remiantis kiekybine ir kokybine informacija. Antrajame uždavinyje parenkama racionali konstrukcinė sistema iš penkių galimų alternatyvų. Siekiant taupyti lėšas ir projektavimo laiką, sprendinių priėmimo algoritmas gali būti taikomas pirmajame konstrukcijos projektavimo etape, kai nėra žinomi tikslūs konstrukcinės sistemos parametrai ir pradiniai duomenys, pateikti intervalu. Šiam uždaviniui spręsti taikomas daugiapakopis kompleksinio vertinimo modelis, sudarytas iš ekspertinio vertinimo, COPRAS-G, „TOPSIS grey“ ir SAW-G metodų. Pateiktas kompleksinio vertinimo modelis taip pat gali būti taikomas priimtų sprendimų stebėsenai bei monitoringui.

Abstract

During research was analyzed the application of multicriteria decision making models in territory planning and building design process. The decision making is a complex task that must be done by appreciating the micro-, meso- and macro-environment factors and interests of different stakeholders groups. During building buildings design made solutions have impact on building life-cycle. Until now high-rise buildings design solutions wasn't complex assessed.

In the first chapter of the thesis defined the research object - a high-rise building. The building life cycle process is inseparable from the territory planning stage solutions. The task of review is to provide a macro-, mezo-, micro-level factors, stakeholder communication scheme on the building design stage.

In the second chapter was submitted a new complex assessment model, based on various multicriteria decision making methods. It was adapted for building structural system assessment on initial design stage. Determined the most important indicators and their significance, potential indicators qualitative and quantitative assessment values.

In the third chapter presented a practical complex assessment model adaptation to achieve rational building economic, technical, social, qualitative characteristics. In the first high-rise buildings location in the city task, which usually solve during special plan preparation stage, has one of the most significant stage affecting building life cycle process in the future. Presented high-rise buildings location in Vilnius city assessment based on existing high-rise buildings location in European cities strategies. It was applied SWOT, expert analysis, SAW, game theory techniques, MOORA and MULTIMOORA methods. It can be also assessed building design solutions then indicators described using quantitative and qualitative information. The second task is to choose rational initial structural system of five possible alternatives. In order to save money and time for design, the decision making algorithm can be applied on initial structural system design stage, when there is no known accurate structural system parameters and input data is provided in interval. It was applied multistage complex assessment model composed from expert judgement, COPRAS-G, „TOPSIS grey“ and SAW-G methods. Presented complex decision making model is also applicable to decisions made monitoring.

Žymėjimai

Simboliai

$\otimes x$ - rodiklio reikšmė apibrėžta intervalu (Deng 1982).

Santrumpos

AHP (*Analytic Hierarchy Process*) daugiatiskslio vertinimo metodas – analitinio hierarchijų procesas.

COPRAS (*CComplex PProportional ASsessment of alternatives*) – kompleksinis proporcingas vertinimo metodas, pagrįstas kiekybiniais matavimais, kompleksinį proporcingumą vertinantis daugiatiskslio vertinimo metodas.

COPRAS-G – kompleksinis proporcingumo daugiatiskslio vertinimo metodas, kai pradiniai duomenys pateikiami intervalu.

MCDM (*Multi-Criteria Decision Making*) – daugiakriterių sprendimų priėmimo metodai.

MOORA (*Multi-Objective Optimization by Ration Analysis*) – daugiatiskslio vertinimo metodai.

MULTIMOORA (*MOORA plus Full Multiplicative Form*) – racionalumo daugiaobjektis optimizavimo metodas.

SAW (*Simple Additive Weighting*) – paprastas adityvinis pasvėrimo metodas.

SAW-G – paprastas adityvinis pasvėrimo metodas, kai pradiniai duomenys išreikšti intervalu.

TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) – variantų racionalumo iki idealiojo taško artumo nustatymo daugiatikslio vertinimo metodas.

„TOPSIS grey“ – variantų racionalumo iki idealiojo taško artumo nustatymo daugiatikslio vertinimo metodas, kai pradiniai duomenys pateikiami intervalu.

Sąvokos

Antropogeninė struktūra – žmogaus sukurta miesto aplinkos dalis.

Atriumas – patalpa su viršutiniu apšvietimu, kuri gali būti išdėstyta per du aukštus ar daugiau.

Architektūra – funkcinė, erdvinė, vizualiai suvokiama meninė statinių, kraštovaizdžio ir teritorinio planavimo objektų, apgyvendinimo sistemų ir tarpinių zonų organizacija.

Erdvinė struktūra – trimatė sistema išreikšti kompoziciniai miesto ar jo dalies užstatymo ypatumai.

Energijos sąnaudos – išmatuotas suvartotos energijos kiekis.

Gamtinė morfostruktūra – gamtinių elementų išsidėstymo kompoziciniai ypatumai.

Identitetas – požymiai, pagal kuriuos galima nustatyti objekto tapatumą, atpažinti jį iš kitų objektų;

Insoliacija – teritorijų, pastatų ir patalpų apšvitinimas tiesioginiais saulės spinduliais.

Gyvenamasis pastatas – pastatas, kurio visas naudingasis plotas, didžioji jo dalis ar bent pusė naudingojo ploto yra gyvenamosios patalpos.

Išorinė laikančioji siena – vertikaloji statinio išorinė konstrukcija, ribojanti statinį iš išorės ir laikanti kitų statinio konstrukcijų svorį.

Išorinė nelaikančioji siena – vertikaloji statinio išorinė konstrukcija, ribojanti statinį iš išorės ir laikanti tik nuosavą svorį.

Jaučiamoji oro kokybė – subjektyvus oro kokybės pojūtis.

Lifto holas – patalpa, esanti prieš įėjimus į lifthus,

Natūralus apšvietimas – saulės šviesos paskirstymas reikiamoms matymo sąlygoms sudaryti: šoninis (pro langus sienose), viršutinis pro lublangius ar stoglangius, mišrus.

Natūralus vėdinimas – vėdinimas, sukeltas vėjo ir gravitacinių jėgų.

Normatyvinis statybos techninis dokumentas – dokumentas, kuris nustato statinio projektavimo, statybos, statinio atidavimo naudoti, naudojimo ir griovimo reikalavimus, taisykles, bendruosius principus ir charakteristikas.

Panorama – iš tam tikro apžvalgos taško matomas daugiaplanis urbanizuoto ir gamtinio kraštovaizdžio vaizdas.

Pastatas – denginiu apdengtas statinys, kuriame yra vienas ar daugiau kambarių ar kitų patalpų, išdėstytų tarp sienų ir pertvarų ir naudojamų žmonėms gyventi ar žemės ūkio, pramonės, komercijos, kultūros, transporto ir kitai veiklai.

Pastato aukštas – erdvė nuo patalpų grindų paviršiaus iki virš jų esančių patalpų grindų paviršiaus.

Pertvara – vertikalioji statinio konstrukcija, atskirianti vieną patalpą nuo kitos ir laikanti tik nuosavą svorį.

Miesto plano struktūra – miestą ar kvartalų grupę formuojančio gatvių tinklo kompozicinė sistema.

Siluetas – tolimas kontūrinis užstatymo ar gamtinių elementų vaizdas dangaus skliauto fone.

Statinio gyvavimo trukmė – teorinis laikotarpis, per kurį statinys yra normaliai naudojamas (nuo statinio naudojimo pradžios iki jo nugriovimo).

Statinio (naudojimo) paskirtis – statinio naudojimas tam tikram tikslui (žmonėms gyventi, ūkinei ar kitai veiklai).

Urbanistinė struktūra – miesto struktūriniu elementu išsidėstymo ir funkcionavimo ypatumų visuma.

Užstatymo aukštingumas – maksimalus arba minimalus leistinas pastatų aukštų skaičius.

Vėdinimas – patalpų oro kokybės gerinimas ir jos palaikymas keičiant patalpų orą.

Vidinė siena – vertikalioji vidinė statinio konstrukcija, atskirianti vieną patalpą nuo kitos ir laikanti kitų statinio konstrukcijų svorį.

Visuomeninės paskirties pastatas – pastatas, skirtas visuomenės poreikiams tenkinti.

Vizualinis identitetas – saugotina, kitur nepasikartojanti istoriškai susiformavusi ar suformuota miesto gamtinių ir antropogeninių elementų visuma, kurianti vietovės įvaizdį.

Turinys

IVADAS	1
Problemos formulavimas.....	1
Darbo aktualumas.....	1
Tyrimų objektas	2
Darbo tikslas.....	3
Darbo uždaviniai	3
Tyrimų metodika	3
Darbo mokslinis naujumas	3
Darbo rezultatų praktinė reikšmė	4
Ginamieji teiginiai.....	4
Darbo rezultatų aprobavimas	4
Disertacijos struktūra	5
1. AUKŠTYBINIŲ PASTATŲ ARCHITEKTŪRINIAI IR KONSTRUKCINIAI SPRENDINIAI	7
1.1. Aukštybinių pastatų apibūdinimo kriterijai.....	8
1.2. Teritorijų planavimo procesas.....	11
1.3. Pastato gyvavimo ciklas	17
1.3.1. Aukštybinių pastatų architektūriniai sprendiniai	20
1.3.2. Aukštybinių pastatų konstrukciniai sprendiniai.....	28
1.4. Pirmojo skyriaus išvados ir disertacijos uždavinių formulavimas	38

2. KOMPLEKSINIS SPRENDINIŲ VERTINIMAS.....	41
2.1. Kompleksinis sprendimų priėmimas	41
2.1.1. Verbaliniai analizės metodai	42
2.1.2. Rodiklių reikšmingumų nustatymo metodai	42
2.1.3. Daugiatikslio vertinimo metodai.....	42
2.1.4. Tradiciniai daugiatikslio vertinimo metodai	43
2.1.5. Modifikuoti ir kombinuoti daugiatikslio vertinimo metodai	45
2.2. Kompleksinis daugiapakopis vertinimo modelis	46
2.2.1. Kompleksinis daugiapakopis vertinimo modelis	48
2.2.2. Rodiklių sistemos sudaryti taikoma SSGG analizė	48
2.2.3. Ekspertinio vertinimo metodas rodiklių reikšmingumams nustatyti.....	49
2.2.4. TOPSIS “grey” metodas su rodiklių reikšmėmis, apibrėžtomis intervalu	51
2.2.5. COPRAS-G metodas su rodiklių reikšmėmis, apibrėžtomis intervalu.....	53
2.2.6. Daugiatikslio vertinimo metodas SAW	56
2.2.7. Daugiatikslio vertinimo metodas SAW-G su rodiklių reikšmėmis, apibrėžtomis intervalu.....	56
2.2.8. Lošimų teorija	58
2.2.9. Daugiatikslio vertinimo metodas MOORA	58
2.2.10. Daugiatikslio vertinimo metodas MULTIMOORA.....	60
2.3. Antrojo skyriaus išvados	62
3. AUKŠTYBINIŲ PASTATŲ PROJEKTINIŲ SPRENDINIŲ VERTINIMAS	63
3.1. Aukštybinių pastatų vietos mieste parinkimas	64
3.1.1. Daugiapakopis kompleksinis vertinimo modelis	65
3.1.2. Aukštybinių pastatų vietos ir išdėstymo būdo Vilniaus mieste parinkimas.....	66
3.1.3. Aukštybinių pastatų išdėstymo ir vietų alternatyvų sudarymas	67
3.1.4. Rodiklių nustatymas pagal SSGG analizę	73
3.1.5. Rodiklių reikšmių ir reikšmingumų nustatymas, taikant Ekspertinio vertinimo metodą.....	81
3.1.6. Aukštybinių pastatų vietos ir išdėstymo parinkimas, taikant SAW metodą	81
3.1.7. Aukštybinių pastatų vietos ir išdėstymo parinkimas, taikant Laplace'o taisyklę	85
3.1.8. Aukštybinių pastatų vietos ir išdėstymo parinkimas, taikant MOORA ir MULTIMOORA metodus	85
3.1.9. Gautų rezultatų apibendrinimas	90

3.1.10. Gautų rezultatų ir esamų aukštybinės statybos strategijų palyginimas.....	91
3.2. Aukštybinio pastato konstrukcinės sistemos įvertinimas	92
3.2.1. Kompleksinis laikančiųjų konstrukcijų įvertinimas.....	93
3.2.2. Kompleksinis aukštybinio pastato konstrukcinės sistemos įvertinimas pradiname projektavimo etape.....	97
3.2.3. Rodiklių reikšmingumų nustatymas, taikant Ekspertinio vertinimo metodą	98
3.2.4. Aukštybinio pastato konstrukcinės sistemos įvertinimas pradiname projektavimo etape, taikant COPRAS-G metodą	98
3.2.5. Aukštybinio pastato konstrukcinės sistemos įvertinimas pradiname projektavimo etape, taikant TOPSIS “grey” ir SAW-G metodus	104
3.2.6. Gautų rezultatų apibendrinimas	109
3.3. Trečiojo skyriaus išvados	110
BENDROSIOS IŠVADOS.....	111
LITERATŪRA IR ŠALTINIAI	113
AUTORIAUS PUBLIKACIJŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS	127
SUMMARY IN ENGLISH	133
PRIEDAI	137
A priedas. Aukštybinių pastatų išdėstymo vietų parinkimo rodiklių reikšmių ir reikšmingumų nustatymas.....	142
B priedas. Aukštybinio pastato konstrukcinės sistemos parinkimo rodiklių reikšmingumų nustatymas.....	146
C priedas. Aukštybinių pastatų architektūrinių ir konstrukcinių sprendinių vaizdinė medžiaga	147
D priedas. Bendra autorių sutikimai teikti publikacijų medžiagą disertacijoje.....	156
E priedas. Autoriaus mokslinių publikacijų disertacijos tema kopijos.....	164

Contents

INTRODUCTION	1
Formulation of the problem.....	1
Research relevance	1
Research object	2
Main objective	3
Main tasks	3
Research methods.....	3
Scientific novelty and originality	3
Practical value	4
Basic statements to be defined	4
Approval of the research results.....	4
The structure of the dissertation.....	5
 1. HIGH-RISE BUILDINGS ARCHITECTURAL AND STRUCTURAL SOLUTIONS	 7
1.1. High-rise buildings definition	8
1.2. Territory planning process	11
1.3. Building life-cycle model	17
1.3.1. High-rise buildings architectural solutions	20
1.3.2. High-rise buildings structural solutions	28
1.4. Conclusions of the first chapter and tasks formulation	38
 2. COMPLEX SOLUTIONS ASSESSMENT	 41
2.1. Complex decision making	41
2.1.1. Verbal analysis methods	42

2.1.2. Indicators significance determination methods	42
2.1.3. Multi-criteria decision making methods	42
2.1.4. Traditional multi-criteria decision making methods	43
2.1.5. Modified and combined multi-criteria decision making methods ...	45
2.2. Complex multi-stage decision making model	46
2.2.1. Methods for complex multi-stage decision making model	48
2.2.2. SWOT analysis used for indicators system creation	48
2.2.3. Experts judgement method used for indicators significance determination	49
2.2.4. TOPSIS “grey” method with indicators values determined in interval	51
2.2.5. COPRAS-G method with indicators values determined in interval	53
2.2.6. Multi-criteria decision making method SAW	56
2.2.7. Multicriteria decision making method SAW-G with indicators values expressed in interval	56
2.2.8. Game theory	58
2.2.9. Multi-criteria decision making method MOORA	58
2.2.10. Multi-criteria decision making method MULTIMOORA	60
2.3. Conclusions of the second chapter	62
3. HIGH-RISE BUILDINGS DESIGN SOLUTIONS ASSESSMENT	63
3.1. High-rise buildings location in Vilnius	64
3.1.1. Complex multi-stage decision making model	65
3.1.2. High-rise buildings location place and way in Vilnius city assessment	66
3.1.3. High-rise buildings location places and ways alternatives creation	67
3.1.4. Indicators determination by applying SWOT analysis	73
3.1.5. Indicators significance and values determination by applying expert judgement method	81
3.1.6. High-rise buildings location place and way assessment by applying SAW method	81
3.1.7. High-rise buildings location place and way assessment by applying Laplace rule	81
3.1.8. High-rise buildings location place and way assessment by applying MOORA and MULTIMOORA methods	85
3.1.9. Research results synthesis	90
3.1.10. Research results and existing high-rise buildings locations strategies comparison	91
3.2. High-rise building structural system assessment	92

3.2.1. Complex high-rise buildings structural system assessment model ...	93
3.2.2. Complex high-rise buildings structural system assessment model on initial stage	97
3.2.3. Indicators significance determination by applying expert judgement method	98
3.2.4. High-rise building structural system assessment on initial stage by applying COPRAS-G method.....	98
3.2.5. High-rise building structural system assessment by applying TOPSIS “grey” and SAW-G methods	104
3.2.6. Synthesis of research results	109
3.3. Conclusions of the third chapter	110
GENERAL CONCLUSIONS.....	111
REFERENCES	113
LIST OF PUBLICATIONS BY THE AUTHOR ON THE TOPIC THE DISSERTATION	127
SUMMARY IN ENGLISH	133
ANNEXES	137
Annex A. High-rise buildings locations assessment indicators significance and values determination	142
Annex B. High-rise building structural system assessment indicators significance determination.....	146
Annex C. High-rise buildings architectural and structural solutions graphical material.....	147
Annex D. The coauthors agreements to present publications for the dissertation	156
Annex E. Copies of scientific publications by the author on the topic of the dissertation	164

Įvadas

Problemos formulavimas

Teritorijų planavimas (aukštybinių pastatų išdėstymo mieste specialiojo plano rengimas) ir pastato projektavimas yra labai svarbūs etapai, turintys įtaką pastato gyvavimo ciklui (statybos, naudojimo, renovacijos, nugriovimo ir statybinių medžiagų utilizavimo etapams). Problema tampa sprendinių priėmimas teritorijų planavimo ir aukštybinio pastato projektavimo procese, kai reikia įvertinti didelį skaičių rodiklių, makro-, mezo-, mikrolygmens veiksnius, dalyvaujančių suinteresuotų grupių poreikius. Sprendimų priėmimo modelių sukūrimas tampa racionalaus pastato projektavimo sprendinių pagrindu.

Darbo aktualumas

Paprastai pastato gyvavimo procesas vertinamas kaip atskiras reiškinys, tačiau, kaip rodo praktika, šis procesas yra glaudžiai susijęs su teritorijų planavimu, kurio metu priimti sprendiniai turi įtaką pastato gyvavimo proceso efektyvumui. Teritorijų planavimo proceso įtaka aukštybinių pastatų projektavimui prasideda nuo vietos parinkimo mieste. Siekiant nustatyti aukštybinei statybai

tinkamiausias vietas rengiamas aukštybinių pastatų išdėstymo specialusis planas. Problema ta, kad šiame etape nėra tinkamai įvertinta makro-, mezo-, mikroaplinka, teritorijų planavimo procese dalyvaujančių suinteresuotų grupių, tokių kaip architektai, savivaldos institucijos, verslo atstovai, visuomenės ir kt., interesai. Dėl didelio rodiklių skaičiaus teritorijų planavimo ir skirtingais pastato gyvavimo etapais priimant sprendimus tampa sudėtinga pasiekti geriausių rezultatų. Disertacijoje pateikiamas daugiapakopis kompleksinis sprendinių priėmimo modelis, kuris leidžia šią problemą spręsti. Todėl siekiama tarpusavyje suderinti skirtingų suinteresuotų grupių, tokių kaip užsakovas, architektas, projektuotojas, konstruktorius, pastatų inžinerinių sistemų projektuotojai ir kt., poreikius ir įvertinti išorinės aplinkos veiksnius, turinčius įtaką pastato projektinių sprendinių priėmimui. Pastato projektavimo etape gali būti priimami sprendiniai, kurie vėlesniuose pastato gyvavimo etapuose, t. y. statybos, naudojimo, rekonstravimo, nugriovimo, tampa tarpiniais arba galutiniais rezultatais. Sprendinių priėmimo algoritmai gali būti taikomi skirtingu metu, atliekant architektūrinį pastato projektavimą, pastato konstrukcinių sprendinių parinkimą pirminiame projektavimo etape. Daugelis darnos principų, projektuojant pastato laikančiąsias konstrukcijas, paprastai nėra taikomi. Remiantis šiais argumentais aukštybinių pastatų projektavimo sprendinius būtina nagrinėti kompleksiskai, ne tik akcentuojant ekonominius, technologinius, energijos taupymo, bet ir neigiamo aplinkos poveikio žmonių sveikatai ir aplinkai mažinimą. Sprendimų priėmimas teritorijų planavimo ir skirtingais pastato gyvavimo proceso etapais dėl didelio rodiklių skaičiaus tampa sudėtinga pasiekti geriausių rezultatų. Šiam tikslui gali būti taikomas daugiapakopis kompleksinio vertinimo modelis.

Tyrimų objektas

Darbo tyrimų objektas – aukštybinio pastato projektinių sprendinių kompleksinis vertinimas pradiname aukštybinių pastatų išdėstymo specialiojo plano rengimo ir pastato laikančiųjų konstrukcijų projektavimo etape, taikant sukurtą kompleksinio vertinimo modelį, sudarytą iš įvairių vertinimo metodų. Aukštybiniai pastatai pasirinkti dėl jų reikšmingo poveikio miesto siluetai, panoraminiam vaizdams, miestovaizdžių įvairovei, plano ir erdvinei struktūrai, užstatytos aplinkos fizinei kokybei, išskirtinių tūrinių – erdvių kompozicijų, vidinės erdvės suplanavimo schemų, konstrukcinių sprendinių, kurie tiesiogiai priklauso nuo projektuojamo pastato aukščio ir vidinės erdvės organizavimo principų. Tai sąlygoja dideles projekto rengimo ir įgyvendinimo išlaidas.

Darbo tikslas

Sudaryti aukštybinių pastatų projektinių sprendinių daugiapakopį kompleksinio vertinimo modelį, pagrįstą įvairiais sprendimo priėmimo ir vertinimo metodais.

Darbo uždaviniai

Siekiant rezultato turi būti išnagrinėti šie uždaviniai:

1. Ištirti sprendinių priėmimui turinčius įtaką makro-, mezo-, mikroaplinkos veiksniai, nustatyti procese dalyvaujančių suinteresuotų grupių ryšius.
2. Rasti tinkamus rodiklius, leidžiančius įvertinti pastato projektinius sprendinius darnos aspektu.
3. Sudaryti daugiapakopį kompleksinį vertinimo modelį, paremtą skirtingais vertinimo metodais ir pritaikyti sprendžiant praktinius uždavinius.

Tyrimų metodika

Darbe taikomas modeliavimas, analizė, įvairūs vertinimo metodai: ekspertinis vertinimas, SAW, COPRAS-G, lošimų teorija, MOORA, MULTIMOORA, „TOPSIS grey“, SAW-G ir gautų rezultatų apibendrinimas.

Darbo mokslinis naujumas

Rengiant disertaciją buvo gauti šie statybos inžinerijos mokslui nauji rezultatai:

1. Apibrėžti projektavimo procesui įtaką turintys makro-, mezo- ir mikroaplinkos veiksniai ir suinteresuotos grupės.
2. Pateikti darnos principai, kurie gali būti taikomi aukštybinėje statyboje.
3. Sudarytas kompleksinis architektūrinių, konstrukcinių sprendinių vertinimo modelis, kuris gali būti taikomas įvairiems teritorijų planavimo ir pastato projektavimo sprendiniams vertinti.

Darbo rezultatų praktinė reikšmė

Daugiapakopis kompleksinio vertinimo modelis gali būti taikomas teritorijų planavimo metu, rengiant ir papildant aukštybinių pastatų išdėstymo mieste schemas, pagrįstas darnos principais. Modelis gali būti taikomas kaip papildoma priemonė atskiriems bendrojo plano uždaviniams spręsti, taip pat konkretaus žemės sklypo detaliojo plano rengimo etape. Tikslų nustatymo etape gali būti taikomas sklypo tinkamo statybai, projekto vadovo parinkimui ir kitų uždavinių sprendimui. Daugiapakopis kompleksinio vertinimo modelis gali būti taikomas parenkant architektūrinius sprendinius iš galimų alternatyvų pastato projektavimo etape. Šį modelį galima taikyti konstrukciniams sprendiniams parinkti pradiname konstrukcinės pastato sistemos projektavimo etape, kai reikia įvertinti daug rodiklių, makro-, mezo- ir mikroaplinkoje bei derinti tarpusavyje skirtingų procese dalyvaujančių suinteresuotų grupių poreikius. Daugiapakopis kompleksinio vertinimo modelis gali būti taikomas pastato inžinerinių sistemų projektavimo uždaviniams spręsti. Šis modelis taip pat gali būti taikomas projektinių sprendinių monitoringui.

Ginamieji teiginiai

1. Remiantis literatūros šaltinių analize, gali būti sudaromas daugiapakopis kompleksinis vertinimo modelis, skirtas pastatų projektinių sprendinių parinkimui bei vertinimui, paremtas skirtingais sprendimų priėmimo metodais.
2. Taikant sukurtą kompleksinio vertinimo modelį galima parinkti aukštybinių pastatų vietą mieste specialiojo plano rengimo metu ir pastato įvertinti pastato konstrukcinę sistemą pradiname pastato projektavimo etape.

Darbo rezultatų aprobavimas

Disertacijos tema paskelbti du straipsniai recenzuojamuose mokslo žurnaluose, įtrauktuose į *ISI Thomson Reuters* duomenų bazę (Tamošaitienė *et al.* 2013a; Tamošaitienė *et al.* 2013b), vienas straipsnis – recenzuojamame mokslo žurnale (Gaudutis 2009). Trys straipsniai – recenzuojamoje konferencijų medžiagoje (Tamošaitienė *et al.* 2013; Tamošaitienė *et al.* 2012; Gaudutis 2008).

- Disertacijoje atliktų tyrimų rezultatai buvo paskelbti šešiose mokslinėse tarptautinėse ir vietinėse konferencijose:

- Tarptautinėje konferencijoje „11-th International Conference Modern Building Materials, Structures and Techniques“, 2013 m. Vilniuje;
- Tarptautinėje konferencijoje „3rd International Conference Advanced constructions” 2012 m. Kaune;
- Tarptautinėje konferencijoje „25-th European conference on operational research”, 2012 m. Vilniuje;
- 13-ojoje Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijoje „Mokslas – Lietuvos ateitis“ 2010 m. Vilniuje;
- 12-ojoje Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijoje „Mokslas – Lietuvos ateitis“ 2009 m. Vilniuje;
- 11-ojoje Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijoje „Mokslas – Lietuvos ateitis“ 2008 m. Vilniuje;

Disertacijos struktūra

Disertaciją sudaro įvadas, trys skyriai ir rezultatų apibendrinimas. Taip pat yra penki priedai.

Darbo apimtis yra 140 puslapių, neskaitant priedų, tekste panaudotos 51 numeruota formulė, 24 paveikslai ir 22 lentelės. Rašant disertaciją buvo panaudoti 195 literatūros šaltiniai.

Aukštybinių pastatų architektūriniai ir konstrukciniai sprendiniai

Aukštybinių pastatų architektūriniai ir konstrukciniai sprendiniai pasirinkti dėl jų reikšmingumo ir glaudaus tarpusavio ryšio aukštybinėje statyboje, formuojant žmogaus materialiąją aplinką. Architektūros objektas gali būti didmiestis, miesto gatvė, aplinka, statinių kompleksas, pastato visuma ir t. t. Šiandien vietoje plačiai apibrėžtos sąvokos architektūra šiandien įprasta vartoti siauresnės reikšmės terminus tokius kaip urbanistika ir pastato architektūra. Lietuvoje urbanistika nuo seno buvo neatsiejami nuo architektūros, tokios tradicinės pozicijos laikomasi ir šiame darbe. Aukštybinių pastatų išdėstymas šiuolaikiniuose Europos miestuose turi tiesioginį poveikį aplinkos vizualiniam unikalumui, miesto erdvinei struktūrai, siluetui. Šie veiksniai turi būti įvertinti sprendžiant aukštybinių pastatų išdėstymo miesto urbanistinėje struktūroje uždavinius specialiojo plano rengimo etape, taip pat sprendžiant kitus teritorijų planavimo uždavinius. Šiandien pasaulinėje praktikoje, atsižvelgiant į darnos aspektus, keičiasi požiūris į teritorijų planavimo procesą, skiriama daugiau dėmesio darnos principams, kurie apima aplinkos taršos mažinimą, palankių verslui sąlygų sudarymą, išlaidų reikalingų teritorijos vystymui mažinimą, sveikos ir kokybiškos gyvenamosios aplinkos sukūrimą, istorinio miesto paveldo išsaugojimą ir t. t. Pastato architektūra formuoja ne tik vizualinį miesto įvaizdį, bet kartu formuoja

šalies veidą. Mažiausios kainos rodikliai eliminuoja kokybiškos architektūros ir daugelio naujovių atsiradimą, taip pat tampa sudėtinga siekti darnos principų, nes, parinkę pigiausią projektą, pigiausią statinį, dažniausiai brangiai mokėsime už tokio pastato eksploataciją. Kompleksinis vertinimas ypač aktualus aukštybinėje statyboje, nes pastato architektūriniai sprendiniai turi būti maksimaliai funkcionalūs, estetiški bei racionalūs. Tam turi būti įvertinta išorinė makro-, mezo-, mikroaplinka, procese dalyvaujančių suinteresuotų grupių poreikiai, architektūriniame projektavime taikomus darnos principus. Parenkant aukštybinio pastato architektūrinius sprendinius, turi būti vertinamos ir išlaidos, susijusios ne tik su architektūros projektavimu, bet ir statybos, statinio eksploatacijos, rekonstravimo, nugriovimo etapais. Konstrukciniai sprendiniai pastatui suteikia tūrį, apsprendžia fasadų tektoniką, dalyvauja formuojant vidines erdves. Kompleksinis vertinimas ypač aktualus aukštybinėje statyboje, nes parenkant pastato konstrukcinius sprendinius reikia įvertinti išorinę makro-, mezo-, mikroaplinka, procese dalyvaujančių suinteresuotų grupių poreikius, konstrukcijų projektavime taikomus darnos principai. Pastato konstrukcijų projektavimo metu turi būti vertinamos išlaidos susijusios su pastato statyba, eksploatacija, rekonstravimu, nugriovimu. Teritorijų planavimo, tiek pastato architektūrinių ir konstrukcinių sprendinių parinkimui, gali būti taikomi daugiatisliai vertinimo metodai (Kabir *et al.* 2013).

Skyriuje pateiktos medžiagos pagrindu buvo paskelbtos publikacijos trijose mokslo žurnaluose Gaudutis (2011), Parasonis, Gaudutis (2009), Tamošaitienė, Gaudutis (2013).

1.1. Aukštybinių pastatų apibūdinimo kriterijai

Apibūdinant pastatus, įvairūs normatyviniai dokumentai ir literatūros šaltiniai siūlo skirtingus pastatų klasifikavimo būdus pagal pastatų (1.1 lentelė): aukštingumą, aukštį, naudojimo paskirtį, konstrukcines sistemas, inžinerinę įrangą ir t.t. Apibrėžiant aukštybinį pastatą nėra vieningos visuotinai priimtos arba tarptautinėmis normomis įteisintos nuomonės, todėl nesutariama dėl šių pastatų atsiradimo apskritai arba pirmojo tokio pastato pastatymo atskirose šalyse. Todėl tyrimo metu aukštybiniais pastatais bus laikomi 30 m (10–12 aukštų) ir aukštesni pastatai, matuojant nuo žemės paviršiaus (Gaudutis 2011; Abohela *et al.* 2013). Toks požiūris artimas daugumai literatūros šaltiniuose ir Lietuvos Respublikoje galiojančiuose normatyviniuose dokumentuose išdėstytoms nuostatoms (1.1 lentelė). Pasirinktas aukštybinio pastato apibrėžimas apima dangoraižio ir ypač aukštų pastatų sąvokas.

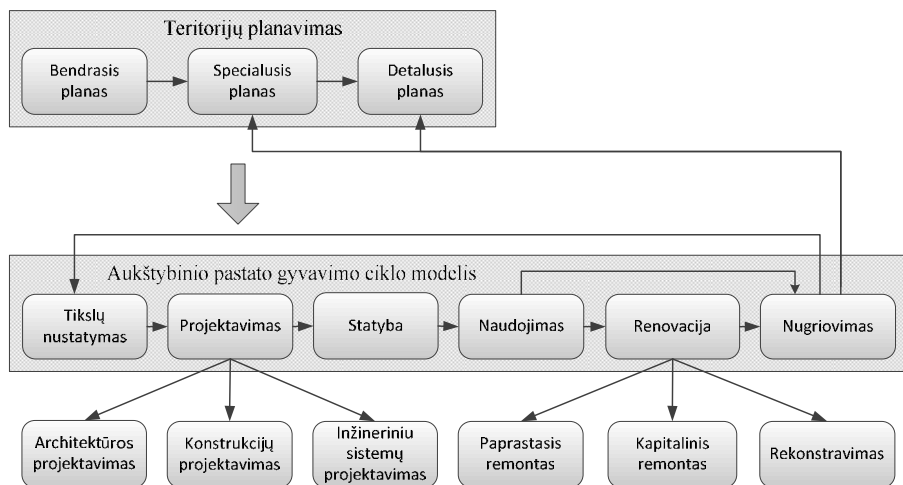
1.1 lentelė. Skirtinguose šaltiniuose taikomi aukštybinio pastato sąvokos apibrėžimai
Table 1.1. High-rise building definition used in different references sources

Objektas	Šaltinis	Šalis	Apibrėžimas
Mažaaukštis pastatas	<i>Normatyvinė bazė</i>		
	LR normatyvinė bazė iki 1990 m.	Sovietų Sąjunga	1–2 aukštai (Daunora <i>et al.</i> 2004)
	Lietuvos Respublikos normatyvinė bazė	Lietuvos Respublika	1–2 aukštai
	Autoritetingos organizacijos		
	Emporis Standarts Committee	–	<35 m
Vidutinio aukštingumo pastatas	<i>Normatyvinė bazė</i>		
	LR normatyvinė bazė iki 1990 m.	Sovietų Sąjunga	3–5 aukštų
	<i>Mokslinė literatūra</i>		
Aukštybinis pastatas	Kozak 1986	Čekoslovakija	≥10 aukštų
	Craighead 2009	JAV	≥23 m
	<i>Normatyvinė bazė</i>		
		Vokietijos Federacinė Respublika	≥22 m (Eisele, Kloft 2003)
		JAV	
		Kalifornijos valstija	≥23 m
		Masačusetso valstija	≥21 m
		Ilinojaus valstija	≥24 m
		Ukraina	≥73,5 m (25 aukštų)
		Rusijos Federacija	≥75 m (30 aukštų)
		Didžioji Britanija	≥22 m
		Lietuvos Respublika	≥26,5 m
		Vilniaus miestas	(STR 2.02.01:2004 „Gyvenamieji pastatai“) ≥35 m (12 aukštų)
<i>Autoritetingos organizacijos</i>			

	Confederation of Fire Protection Association – Europe	-	≥22 m
	International Code Council organizacija		≥23 m
	NFPA (National Fire Protection Association)		≥23 m
	ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)		≥91 m
	ASCE (American Society of Civil Engineers)		≥100 m
	CIB (The International Council for Research Council on Tall Buildings and Urban Habitat		≥100 m
	Emporis Standards Committee		≥50 m (14 aukštų)
			≥35–100 m (12–39 aukštų)
	<i>Mokslinė literatūra</i>		
	Clark, Kingston 1930		Karkasinė konstrukcinė sistema, sudaryta iš plieninių konstrukcinių elementų.
Dangoraizis	Condit 1973	JAV	Aukšti komerciniai, visuomeniniai ir gyvenamosios paskirties pastatai
	Leeuwen 1986		Aukštas administracinės paskirties pastatas
	<i>Enciklopedijos, aiškinamieji žodynai</i>		
	Maitland 1891		Labai aukštas pastatas
	Morris 1981		
	<i>Mokslinė literatūra</i>		
	Mujica 1929		Pastatas, turintis didelį aukštų skaičių, plieninį karkasą ir greitus elektrinius lifthus
	Korom 2008		Pastatai turintys liftą
	<i>Autoritetingos organizacijos</i>		
Ypač aukšti pastatai	Emporis Standards Committee		≥100 m
	<i>Autoritetingos organizacijos</i>		
	Emporis Standards Committee		≥300 m

1.2. Teritorijų planavimo procesas

Architektūros projektavimo sritis darbe apibrėžiama kaip teritorijų planavimas ir pastato architektūros projektavimas. Norint suprojektuoti ir įgyvendinti efektyvų pastato gyvavimo procesą, būtina jo racionalumu rūpintis pradedant teritorijų planavimo etapu (Kabir *et al.* 2013). Pastatų išdėstymo ypatumai turi tiesioginę įtaką vizualiniam miesto tapatumui dėl jų galimo poveikio susiklosčiusiems panoraminiams vaizdams, miesto siluetai, lokalinių erdvių įvaizdžio formavimui (Daunora *et al.* 2004). Rengiant teritorijų planavimo dokumentus, nustatomos vystymo kryptis, erdvinio organizavimo nuostatos, žemės sklypų arba jų grupių, infrastruktūros objektų išdėstymo, naudojimo ir apsaugos sąlygos bei tvarka. Teritorijų planavimo etape priimti sprendiniai turi tiesioginę įtaką pastato gyvavimo proceso, kuris apima projektavimo, statybos, naudojimo, nugriovimo etapus, efektyvumui (Burinskienė *et al.* 2011). Teritorijų planavimo proceso ir pastato gyvavimo ciklo ryšys pateikiamas autoriaus sudarytoje schemoje (1.1. pav.).



1.1 pav. Pastato gyvavimo ciklo modelio ryšys su teritorijų planavimo procesu sukurtas autoriaus (Tamošaitienė, Gaudutis, 2013)

Fig. 1.1. Building life-cycle model connection with territory planning process developed by author (Tamošaitienė, Gaudutis, 2013)

Vadovaujantis LR Teritorijų planavimo įstatymo nuostatomis, išskiriami šie teritorijų planavimo etapai:

Bendrasis (generalinis) planas – teritorijų kompleksinio planavimo dokumentas, kuriame, atsižvelgiant į teritorijų planavimo lygmenis ir uždavinius, nustatyta planuojamos teritorijos vystymo erdvinė koncepcija, teritorijos naudojimo principai, apsaugos principai.

Specialusis planas – atskiroms veiklos sritims reikalingų teritorijų erdvinio organizavimo, tvarkymo, naudojimo, apsaugos priemonių planavimas.

Detalusis teritorijų planavimas – savivaldybės teritorijos dalių planavimas žemės sklypo riboms nustatyti, naudojimo ir veiklos jame plėtojimo sąlygoms nustatyti, pakeisti arba panaikinti. Formuojamas žemės sklypas, kurio planuojamoje teritorijoje nustatomos ribos, plotas, pagrindinė tikslinė žemės naudojimo paskirtis ir teritorijos tvarkymo ir naudojimo režimas.

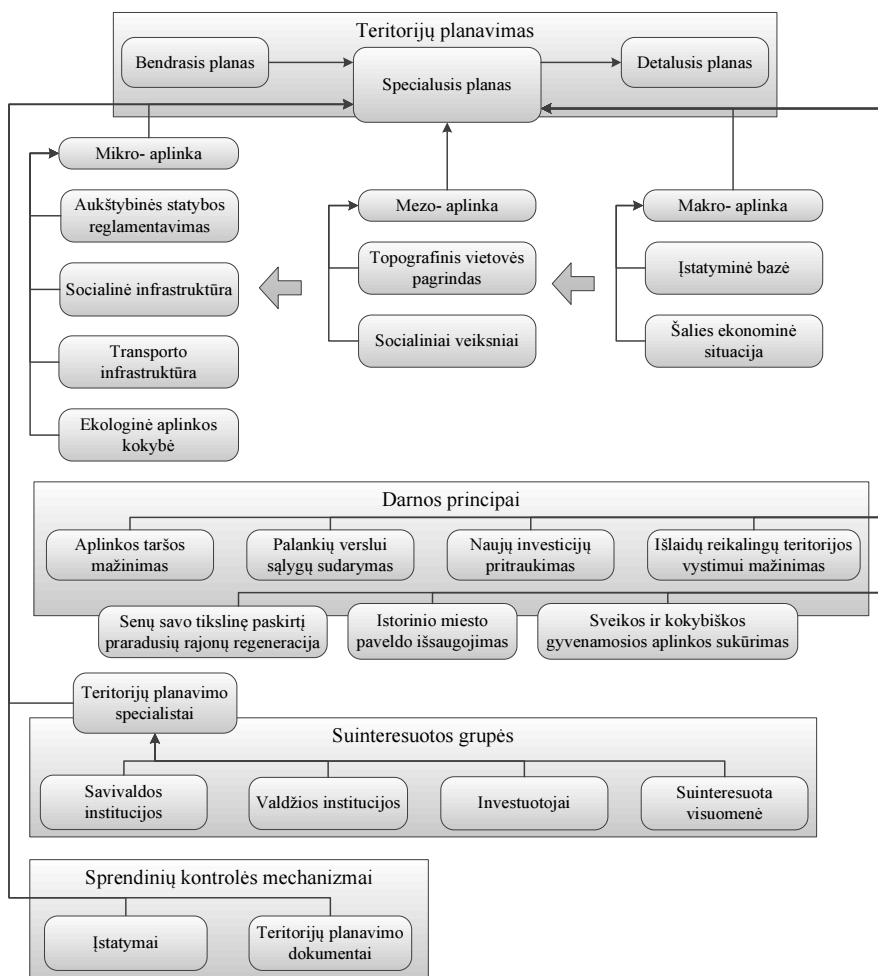
XX a. pradžioje miestų užstatymo intensyvumas vertė ieškoti būdų reglamentuoti utilitarinio planavimo sprendinius, kurie gerokai sumenkino užstatymo įvairovę. Savivaldos institucijų rankose specialusis planas tampa visuomenės interesų apsaugos priemone. Siekiant parinkti tinkamą aukštybinių pastatų vietą miesto urbanistinėje struktūroje, reikia maksimaliai patenkinti šiame procese dalyvaujančių suinteresuotų grupių poreikius, išorinės makro-, mezo-, mikro-aplinkos ir darnos aspektų įtaką (1.2 pav.).

Aukštybinių pastatų išdėstymas mieste priklauso nuo jų veikiančių veiksnių, tokių makrolygmens kaip:

Valstybės vykdoma politika. Teisinės bazės tikslas – išlaikyti teritorijos socialinio, ekonominio ir ekologinio vystymo pusiausvyrą. Specialiųjų planų sprendiniai turi neprieštarauti įstatymais ar Vyriausybės nutarimais nustatytų specialiųjų žemės naudojimo sąlygų reikalavimams, galiojantiems bendrojo teritorijų planavimo dokumentams bei kitiems teisės aktams. Politinė šalies situacija turi tiesioginę įtaką šalies ekonomikos augimui.

Šalies ekonominė situacija. Šalies ekonominė situacija lemia finansines statytojo galimybes. Statybos ir nekilnojamojo turto rinkos situacija susijusi ir priklauso nuo nacionalinės ekonomikos vystymusi (Kildienė 2013). Dažnai statybos finansuojamos naudojant paskolas, todėl palūkanų norma veikia statinių paklausą, nes paskolos gavimo galimybė ir sąlygos lemia vartotojo perkamąją galią, t. y. esant mažesnei palūkanų normai ir palankesnėms paskolos gavimo galimybėms daugiau vartotojų gali įsigyti būstą ar verslui skirtas patalpas. Varomąja šiuolaikinės urbanizuotos aplinkos formavimo jėga tampa finansinis privačių asmenų suinteresuotumas, todėl urbanistinės erdvės transformacija tampa neatsiejama nuo nekilnojamojo turto vystytojų poreikių.

Aplinkosaugos politika. Ekologinės temos aktualumas visuomenėje turi tiesioginę įtaką ekologinių aspektų įvertinimui planuojant teritorijas (Tupėnaitė et al. 2010; Ng 2012).



1.2 pav. Makro-, mezo-, mikrolygmens veiksnių ir sprendinių kontrolės mechanizmų įtaka aukštybinių pastatų išdėstymo parinkimui (sukurtas autoriaus)

Fig. 1.2. Macro-, mezo-, micro- level factors impact and solutions control mechanisms on high-rise buildings location (developed by author)

Aukštybinių pastatų išdėstymas urbanistinėje miesto struktūroje priklauso nuo tokių mezolygmens veiksnių:

Socialiniai veiksniai. Žmogaus asmenybė kaip ir organizacija bręsta tam tikroje visuomenėje, kuri lemia pagrindines vertybes ir įsitikinimus. Tai tiesiogiai sukelia erdvinės miesto struktūros ir vizualinio įvaizdžio pokyčius. Gyven-

tojų migracija formuoja šalies ekonomikos, miestų augimą, skirtingos funkcinės paskirties pastatų poreikį (Zavadskas *et al.* 2008).

Topografinis vietovės pagrindas. Topografinis teritorijos paveldas – vienas svarbiausių gamtinių veiksnių, lemiančių urbanistinės struktūros raidą, kartu lemia miestovaizdžio struktūros įvairovę. Gamtinis miesto karkasas išryškina miesto planinę erdvinę architektūrinę kompoziciją, pabrėžia miestovaizdžio unikalumą (Korom 2008).

Aukštybinių pastatų išdėstymas urbanistinėje miesto struktūroje priklauso nuo tokių mikrolygmens veiksnių:

Inžinerinės komunikacijos. Vandentiekio, šildymo, nuotekų, elektros, ryšių projektavimas ir įrengimas sudaro didelę pastatų kainos dalį. Sklype, nutolusiame nuo centralizuotų vandentiekio tinklų, reikia spręsti vandens tiekimą naujai suprojektuojant ir įrengiant tinklus, kurie galėtų užtikrinti pastato funkcionavimą ateityje.

Transporto infrastruktūra. Kelių ir gatvių įrengimas susijęs su papildomomis išlaidomis, susisiekimo būdų ir tam tikrų transporto rūšių ribojimais. Tai reiškia, kad keliai ir gatvės, jų būklė turi būti tinkamai įvertinama atsižvelgiant į numatomą plėtoti veiklą sklype (Jakimavičius, Burinskienė 2009).

Socialinė infrastruktūra. Esama socialinė infrastruktūra supaprastina tolymesnę teritorijos raidą.

Istorinis miesto paveldas. Šiuolaikiniuose Europos miestuose istorinis paveldas užima svarbią vietą, todėl ieškoma balanso tarp modernios plėtros ir istorinio paveldo. Istorinių miesto dalių vizualiniai ypatumai lemia vizualinį centrinės dalies identitetą. Sprendžiant istorinių centrų urbanizavimo problemą, balansuojama tarp tradicinių, tankiai apgyvendintų pastatų ar rajonų išsaugojimo ir naujų didelio mastelio statinių, kuriems reikia daug erdvės ir gero privažiavimo (Turskis *et al.* 2013).

Bendrojo plano sprendiniai. Grafiškai ir aiškinamuoju raštu išreikšti bendrojo plano sprendiniai turi tiesioginį poveikį rengiant kito lygmens teritorijų planavimo dokumentus aukštybinių pastatų vietos parinkimui, rengiant aukštybinių pastatų išdėstymo specialųjį planą (Daunora *et al.* 2004).

Ekologinė aplinkos kokybė. Didmiesčiai negali būti valdomi apsiribojant vien tik finansiniais mechanizmais ar tradiciniu miesto planavimu. Ekologinė tema šiandien įgauna vis didesnę svarbą, prioritetas teikiamas kitiems veiksniams, vertinant statybos vietą (Ng 2012).

Siekiant darnaus planavimo bei suderintų projektavimo procesų, visų išvardintų suinteresuotų grupių, dalyvaujančių teritorijų planavimo procese tikslai turi būti derinami (Kaklauskas *et al.* 2010). Tai lemia, ar teritorijos suplanavimas bus sėkmingai įgyvendintas ateityje.

Rinkos ekonomikos sąlygomis neįmanoma pasiekti, kad plėtros procesas vyktų pagal miesto valdžios pageidavimus, todėl vyksta nuolatinė kompromisų

paieška tarp suinteresuotų grupių, dalyvaujančių miesto planavimo procese, tokių kaip miesto valdžia, investuotojai, miestų planuotojai ir kt. Viešasis ir privatus sektoriai bendradarbiaudami turi didesnes tikimybes pasiekti savo tikslus. Vienais atvejais suinteresuotos grupės gali apsiriboti periodiniu dalyvavimu sprendžiant svarbius projekto klausimus, kitais atvejais gali aktyviai dalyvauti įgyvendindamos projektą. Aukštybinių pastatų vietos parinkimui įtaką turi šios pagrindinės suinteresuotos grupės (1.3 pav.):

Valdžios institucijos. Reikalinga teisinė bazė, kuri leistų spręsti tarp skirtingų suinteresuotų grupių kylančius konfliktus teritorijų planavimo etape. Šią funkciją atlieka aplinkos ministerija, rengdama teritorijų planavimo, statybos įstatymus, poįstatyminius aktus, normatyvinę bazę. Valstybinė statybos inspekcija tikrina, ar buvo laikytasi planavimo sąlygų ir kitų teritorijų planavimą reglamentuojančių teisės aktų reikalavimų. Teritorijų planavimo dokumentų derinimą atlieka sveikatos priežiūros tarnybos, automobilių kelių direkcija, priešgaisrinės apsaugos ir gelbėjimo departamentas ir kt.

Savivaldos institucijos. Teritorijų planavimo dokumentų derinimas – procedūra, kurios metu tarpusavyje suderinami parengtų ir galiojančių teritorijų planavimo dokumentų sprendiniai.

Investuotojai. Pagrindiniai užsakovų tikslai – formuoti patikimos šiuolaikinės organizacijos įvaizdį, gauti maksimalią investicijų grąžą, kuri lemia miesto erdvinės struktūros kaitą.

Miestų planuotojai. Pagrindiniai tikslai – sudaryti žmonėms geriausias gyvenimo, darbo ir poilsio sąlygas, saugoti jų sveikatą nuo kenksmingų sąlygų poveikio.

Suinteresuota visuomenė. Visuomenė, kuriai įtaka gali daryti rengiamo teritorijų planavimo dokumento sprendiniai. Miesto bendruomenės tikslas – užtikrinti, kad teritorijų planavimo etape būtų numatytos papildomos erdvės žmogui ir suteikta galimybė kolektyviniam gyvenimui (Daunora *et al.* 2004).

Šiandien vis didesnę reikšmę teritorijų planavime įgauna darnos aspektai. Egzistuoja akivaizdūs skirtumai tarp skirtingose literatūros šaltiniuose apibrėžtų darnos aspektų, planavimo ir sprendinių įgyvendinimo (Rosales 2011). Parenkant aukštybinių pastatų išdėstymą miesto urbanistinėje struktūroje turi būti įvertinami šie pagrindiniai darnos principai (Tamošaitienė, Gaudutis, 2013):

Ekologiniai (Feng, Xingkuan 2011):

- aplinkos taršos mažinimas;

Techniniai – ekonominiai (Tupėnaitė *et al.* 2010):

- palankių verslui sąlygų sudarymas;
- naujų investicijų pritraukimas;
- išlaidų reikalingų teritorijos užstatymui mažinimas;
- senų savo tikslinę paskirtį praradusių rajonų regeneracija;

Socialiniai (Tupėnaitė *et al.* 2010):

- sveikos gyvenamosios aplinkos sukūrimas;
- estetiškos miesto erdvės kūrimas;
- istorinio miesto paveldo išsaugojimas (Turskis *et al.* 2013);
- žmonių saugumas;

Darnos aspektai turi būti įvertinti, integruojant naujus pastatus į miesto urbanistinį audinį (Rosales 2011). Aplinkos taršos mažinimas apima kompaktiško miesto idėją ir taršios aplinkos konversiją į netaršią. Racionaliai išdėstant žmonių traukos centrus galima mažinti žmonių judėjimą mieste, transporto taršą. Konceptuali teritorijos įvaizdžio formavimo strategija turi remtis ne tik miesto struktūros ir kompoziciniais plėtros modeliais, bet ir palankių sąlygų verslo atstovams sudarymu. Aukštybinių pastatų išdėstymas turi būti susijęs su verslo struktūrų poreikiais, atitikti esamas ekonomines galimybes. Transporto, inžinerinė, socialinė infrastruktūra sudaro papildomas išlaidas, susijusias su teritorijos užstatymu aukštybiniais pastatais. Rengiant aukštybinių pastatų išdėstymo mieste specialųjį planą, siekiama maksimaliai išnaudoti esamą transporto infrastruktūrą naujo teritorijos užstatymo vystimui. Aukštybinių pastatų išdėstymas miesto urbanistinėje struktūroje turi būti siejamas su senų savo tikslinę paskirtį praradusių rajonų regeneracija. Taip pat reikia įvertinti naujų aukštybinių pastatų gali turėti neigiamą poveikį žmonių gyvenimo sąlygoms. Vienas iš svarbių tikslų – harmoninga naujų objektų integracija į supančią aplinką ir geresnę gyvenimo kokybę. Miesto struktūra jos autentiškumas atspindi miesto istorinės raidos ypatumus, todėl vertingų miesto centrinės dalies morfotipų išsaugojimas yra svarbus uždavinys numatant aukštybinių pastatų išdėstymą. Tvarus miestų taip pat miestų plėtrą, kuri garantuoja gamtos, istorijos, architektūros, kultūros ir meno paveldo apsaugą (Rosales 2011). Vienu iš aukštybinių pastatų vietos parinkimu yra rodiklių – žmonių apsauga nuo nuskaltimų, atsižvelgiant į miesto socialinės nelygybės, skurdo ir nedarbo rodikliai (Rosales 2011).

Priimtų sprendimų racionalumas gali būti užtiktinamas nagrinėjamų procesų monitoringu. Teritorijų planavimo etape sprendinių monitoringas kontroliuojamas dvejopai:

Istatymais. Iškeliant kokybinius reikalavimus teritorijų planavimo sprendiniams pirmiausiai reikia atsižvelgti į galiojančius teisinės bazės reikalavimus. Šiuo atveju pirmiausia šį procesą reglamentuoja LR teritorijų planavimo įstatymas, statybos techniniai reglamentai.

Teritorijų planavimo dokumentais. Bendrojo plano sprendiniai tampa kito lygmens teritorijų planavimo dokumentų gairėmis, taip pat aukštybinių pastatų išdėstymo miesto struktūroje specialiajam planui.

1.3. Pastato gyvavimo ciklas

Pastato gyvavimo proceso variantai sudaromi iš alternatyvių tikslų nustatymo, projektavimo, statybos ir naudojimo procesų, jų sudėtinių dalių ir pan. Projekto gyvavimo metu vykdoma nuolatinė projekto stebėseną ir kontrolė, kurios paskirtis – užtikrinti, kad visos projekto gyvavimo ciklo dalys būtų atliekamos tinkamai ir pasiekti užsibrėžti projekto tikslai. Tam tikrose pastato gyvavimo stadijose priimti sprendimai rezultatais tampa įgyvendinus kitus etapus ir turi įtaką jų efektyvumui. Todėl priimamų sprendinių efektyvumą reikia vertinti višiemis pastato gyvavimo ciklo etapams. Norint tinkamai parinkti architektūrinius aukštybinių pastatų sprendinius, privaloma maksimaliai patenkinti jame dalyvaujančių suinteresuotų grupių poreikius, įvertinti išorinę makro-, mezo- ir mikroaplinką (Zavadskas *et al.* 2010). Tam reikia taikyti daugiakriterijinės analizės metodus, kurie padeda pastato gyvavimo proceso dalyviams sėkmingai siekti savo tikslų, didinti pastato gyvavimo proceso efektyvumą. Atliekant analizę tikslai aprašomi remiantis daugybe kokybinių ir kiekybinių kriterijų. Pastato gyvavimo procese galima išskirti penkis etapus:

Tikslų nustatymo etapas. Kiekvienas projektas prasideda tikslų nustatymo etapo, kurio metu nustatomi projekto tikslai, detalizuojamos užduotys, sudaroma projekto komanda, nustatomi dalyvių tarpusavio santykiai, sudaromas darbo grafikas. Šiame etape parenkama tinkamiausia pastato statybai vieta iš galimų alternatyvų. Statybai skirtas sklypas vertinamas atsižvelgiant į jo reljefą, sklype esančius statinius, geologines, hidrologines sąlygas, aplinkinį užstatymą ir t.t.

Pastato projektavimo etapas. Sprendimą priimančiam asmuo prisiima didžiausią atsakomybę už sprendimo priėmimo rezultatą. Pastato projektavimo etape suinteresuotų grupių tikslai, makro-, mezo- ir mikroaplinkos veiksniai, darnos aspektai perkeliama į projektinius sprendinius, išreikštus tekstu, skaičiais ir brėžiniais.

Autorius siūlo parenkant aukštybinio pastato projektinius sprendinius taikyti šiuos darnos principus (1.3. pav.):

Ekologiniai:

- panaudojimas atsinaujinančių, neišsenkančių energijos šaltinių (Šliogerienė *et al.* 2012);
- mažesnę neigiamą poveikį supančiai aplinkai turinčių statybinių medžiagų parinkimas (Medineckienė *et al.* 2010; Hong *et al.* 2012);
- statybinių medžiagų perdirbimas;
- laikančiųjų konstrukcijų pakartotinis panaudojimas;

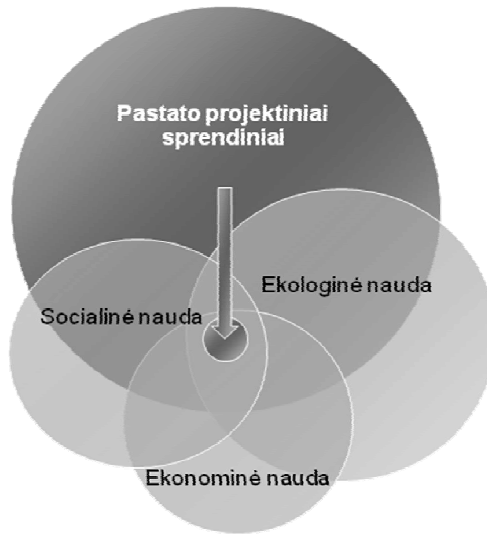
Techniniai – ekonominiai:

- vietinių žaliavų naudojimas;
- energijos reikalingos pastatui pastatyti, eksploatuoti ir nugriauti taupymas;

- pakartotinis statybinių medžiagų ir konstrukcijų panaudojimas (Moon 2008);
- mechaninio konstrukcijos stiprumo užtikrinimas (Ražaitis 2004);
- konstrukcijos pastovumo užtikrinimas (Ražaitis 2004; Moon 2008);
- konstrukcijos efektyvumo užtikrinimas (Ražaitis 2004; Moon 2008);
- konstrukcijos technologiškumo užtikrinimas (Ražaitis 2004; Moon 2008);
- konstrukcijos kaina.

Socialiniai:

- žmonių komforto pastato viduje užtikrinimas (Zavadskas *et al.* 2011b);
- rekreacinių savybių gerinimas (Tupėnaitė *et al.* 2010);
- architektūrinių sprendinių estetinės kokybės užtikrinimas.



1.3 pav. Pastato projektinių sprendinių parinkimas remiantis darnos principais

Fig. 1.3. Building design solutions selection according sustainability principles

Architektūriniai sprendiniai. Architektus domina pastato tūrinė – planinė kompozicija, funkcinė paskirtis, fasadų tektonika, pastato interjero sprendiniai. Sprendimus priima architektas, įvertindamas pastato projektavimo procese dalyvaujančių ir savo tikslus norinčių įgyvendinti suinteresuotų grupių bei išorinės aplinkos veiksnių įtaką aukštybinių pastatų architektūrinių sprendinių parinkimui. Monitoringas paliekamas užsakovo įgaliotam projekto vadovui. Pastato architektūros projektavimo etapo metu priimti sprendiniai turi tiesioginę įtaką kitiems pastato gyvavimo ciklo etapais.

Konstrukciniai sprendiniai. Konstruktorius domina pastato mechaninio atsparumo ir pastovumo užtikrinimas, parenkant pastato laikančiąsias bei atitvarines konstrukcijas. Sprendimus priima konstruktorius, įvertindamas pastato projektavimo procese dalyvaujančių ir savo tikslus norinčių įgyvendinti suinteresuotų grupių bei išorinės aplinkos veiksnių įtaką aukštybinių pastatų konstrukcinių sprendinių parinkimui. Priimtų sprendimų monitoringas paliekamas užsakovo įgaliotam projekto vadovui (Zavadskas *et al.* 2012). Pastato konstrukcijų projektavimo etapo metu priimti sprendiniai turi tiesioginę įtaką kitiems pastato gyvavimo ciklo etapais.

Inžineriniai sprendiniai. Pastato inžinerinių sistemų projektuotojus domina, kad pastate būtų suprojektuotos ir įrengtos tokios mikroklimato ir oro kokybės parametrus palaikančios ir reguliuojančios šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemos, kad normaliai eksploatuojant patalpas normaliomis lauko sąlygomis visose to pastato patalpų veiklos zonose arba tik numatytose vietose, optimaliai vartojant energiją, būtų galima palaikyti norminius mikroklimato ir oro kokybės parametrus, tokius kaip oro, patalpos atitvarų ir jaučiamoji temperatūros, santykinė oro drėgmė, oro greitis ir teršalų koncentracija ore (Zavadskas *et al.* 2010b). Sprendimus priima inžinerinių sistemų projektuotojai, įvertindamas pastato projektavimo procese dalyvaujančių ir savo tikslus norinčių įgyvendinti suinteresuotų grupių bei išorinės aplinkos veiksnių įtaką aukštybinių pastatų konstrukcinių sprendinių parinkimui.

Statybos etapas. Svarbiausias statybos etapo tikslas – racionaliai organizuoti pastato statybos procesą, tokiu būdu sumažinant materialines sąnaudas ir neigiamą žmogaus veiklos poveikį aplinkai. Pastato statybos etapu įgyvendinami tikslų nustatymo ir projektavimo etapuose priimti sprendiniai. Statybos trukmė, ekonomiškumas daugiausia priklauso nuo pasirinktos konstrukcinės sistemos technologiškumo. Siekiant sumontuoti aukštybinių pastatų konstrukcines sistemas, reikia pritaikyti ne tik žinomus, bet ir sukurti naujus montavimo metodus. Visais atvejais aukštybinio pastato montavimo metodo pasirinkimą lemia šie rodikliai: statybos darbų trukmė, konstrukcinės pastato sistemos ypatumai, pastato laikančiosioms konstrukcijoms naudojamos neigiamo poveikio aplinkai neturinčios statybinės medžiagos, konstrukciniai perdangų sprendiniai, pastato architektūrinės ir planinės sandaros ypatumai, statyboms skirto sklypo dydis ir vietovės reljefas.

Renovacijos etapas. Mūsų šalyje neturime didelės aukštybinių pastatų atnaujinimo praktikos. Pastato renovacijos procesas gali apimti skirtingas statybos rūšis, t. y. paprastąjį remontą, kapitalinį remontą, rekonstrukciją. Kiekvienu atveju individualiai sprendžiama dėl reikalingų darbų. Ekologiškų sprendimų integracija pastato renovacijos etape priklauso nuo ekonominio šalies lygio, suinteresuotų grupių, dalyvaujančių renovacijos procese, sąmoningumo. Daugelis suvokia ekologišką statybą kaip tam tikrą atskirų elementų visumą, apimančią

architektūrinius, konstrukcinius, inžinerinių sistemų sprendinius, leidžiančius taupyti lėšas, reikalingas renovacijai, pastato eksploatacijai, apsaugoti aplinką nuo neigiamo žmogaus veiklos poveikio ir užtikrinti tinkamą patalpų mikroklimatą. Tam tikrais atvejais kai užsakovo netenkina sklypo tikslinė naudojimo paskirtis, gali būti grįžtama prie teritorijų planavimo proceso ir atliekama šiame etape priimtų sprendinių tikslinimo procedūra.

Pastato nugriovimo etapas. Priimant sprendimus projektavimo metu reikia įvertinti ir pastato nugriovimo etapą, kurio metu siekiama sumažinti išlaidas ir apsaugoti aplinką nuo neigiamo žmogaus poveikio. Šie tikslai gali būti pasiekiami ne tik racionaliai organizuojant pastato nugriovimo procesą, bet ir parenkant pastato konstrukcijas pastato projektavimo etapu. Vadovaujantis ES 305/2011 direktyva numato, kad statybos darbai turi būti organizuojami pastatai pastatyti, taip, kad galima būtų pakartotinai panaudoti statybines medžiagas po pastato nugriovimo.

1.3.1. Aukštybinių pastatų architektūriniai sprendiniai

Architektūra tenkina žmogaus materialinius ir dvasinius poreikius, teikia tam tikro pobūdžio informaciją, įamžina savo epochos pasaulio supratimą kaip neišardomą vienybę. Architektūriniai aukštybinių pastatų sprendiniai buvo nagrinėjami skirtingų autorių (Willis 1995; Howeler 2003; Maraň 2007; Gaudutis et al. 2007; Sarkisian 2011), tačiau kompleksinis sprendinių priėmimo vertinimas, taikant darnos principus, nebuvo taikomas. Pastato architektūros projektavimo etapu architektas formuojama pastato naudojimo, priežiūros ir atnaujinimo politika, numatomos jos įgyvendinimo priemonės, galinčios užtikrinti, kad pastato eksploatacijos problemos būtų sprendžiamos nuo projektavimo pradžios. Turi būti įvertinama pastato projektavimo procese dalyvaujančių ir savo tikslus norinčių įgyvendinti suinteresuotų grupių bei išorinės aplinkos veiksnių įtaką aukštybinių pastatų sprendinių parinkimui. Šiam tikslui pateikiamas autoriaus sudarytas pastato gyvavimo proceso kompleksinės analizės modelis (1.4 pav.). Architektūros projektavimo etape suinteresuotų grupių tikslai, atsižvelgiant į privalomus reikalavimus ir ribojimus, perkeliama į projektinius sprendinius. Architektūrinių sprendinių parinkimas priklauso nuo šių makrolygmens veiksnių:

Valstybės vykdoma politika. Valstybės institucijų poveikis aukštybinių pastatų architektūriniais sprendiniais pasireiškia įvairių įstatymų, nutarimų ir panašios formos. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai reglamentuoja natūralaus ir dirbtinio apšvietimo apšvietos mažiausias ribines vertes darbo vietose ir bendruosius apšvietimo matavimo reikalavimus. Patalpų apšvietimo reikalavimai ilgą laiką buvo vienu svarbiausių veiksnių, lemiančių pastato turinę – planinę kompoziciją.

Architektūrinių sprendinių parinkimas priklauso nuo šių mezolygmens veiksmų:

Nekilnojamojo turto rinka. Nekilnojamojo turto rinkos poveikis aukštybinių pastatų architektūriniais sprendiniais pasireiškia tokiais būdais: lemia funkcinę projektuojamo pastato paskirtį, architektūrinio sprendinio kokybinę išraišką, kuri apima pastato tūrinę-planinę kompoziciją, fasadų tektoniką. Tampa sudėtinga nubrėžti aiškią ribą tarp aukštojo meno ir komercinių aukštybinių pastatų formų (Burinskienė *et al.* 2011).

Architektūrinių sprendinių parinkimas priklauso nuo šių mikrolygmens veiksmų:

Aukštybinės statybos reglamentavimas. Teritorijų planavimo dokumentai lemia aukštybinių pastatų išdėstymo vietas, būdą, nustato didžiausią pastatų aukštumą, lemia žemės sklypo dydį ir konfigūraciją, sklypo tvarkymo ir naudojimo režimą, lemia pastato tūrinės-planinės kompozicijos kaitą, tiesiogiai koreguoja pastato tūrinę-planinę kompoziciją. Žemės sklypo padėtis kitų sklypų atžvilgiu susijusi su papildomomis žemės naudojimo išlaidomis, triukšmu, patogių privažiavimu.

Topografinis vietovės pagrindas. Topografinis teritorijos pagrindas turi tiesioginę įtaką projektuojamo pastato tūrinei-planinei kompozicijai.

Aukštybinių pastatų architektūrinių sprendinių parinkimas priklauso nuo jų veikiančių suinteresuotų grupių, tokių kaip:

Architektai. Išskirtinės architektūrinės išraiškos paieška lėmė aukštybinių pastatų tūrinės-planinės kompozicijos, fasadų tektonikos bei interjero sprendinių kaitą. Išskirtinės architektūros pastatai tampa neatsiejami nuo vietovės įvaizdžio, formuoja atskirų vietovių lokalinius, panorامينius vaizdus, keičia vizualinį miesto identitetą. Aukštybinių pastatų projektavimo procesas paverčiamas kažkuo panašiu į vaidinimą, suvienijantį numanomus judesius ir perteikiantį sudėtingą geometriją, siekiant sukurti naujus išraiškingus efektus. Pastatų architektūrinė išraiška pirmiausia turi atspindėti funkcinę jų paskirtį, t. y. atspindėtų procesus, vykstančius viduje. Kitas svarbus rodiklis, kitas itin svarbus šio meno rodiklis – kontekstualumas. Architektūriniai sprendiniai priklauso nuo aplinkinio užstatymo konteksto, siaurąja prasme – nuo šalia esančių pastatų architektūrinių sprendinių, platesne prasme – nuo tradicinės tam tikrai kultūrinei terpei būdingos architektūros tradicijų. Derėjimas prie aplinkos yra labai svarbus tiek atskiram statiniui, tiek visos teritorijos užstatymui. Tačiau galima taikyti tiek niuanso, tiek kontrasto principą. Tam tikrais atvejais objekto disonansas aplinkinio užstatymo konteksto atžvilgiu gali pabrėžti meninę statinio vertę. Su architektūros kūriniu tenka susidurti ne tik jo užsakovui, bet ir visuomenei. Todėl jo išraiška turėtų būti priimtina platesniam visuomenės ratui. Šiuo atveju architektas priverstas balansuoti tarp užsakovo ir visuomenės interesų.

Teritorijų planavimo specialistai. Egzistuoja tarpusavio ryšys tarp teritorijos suplanavimo sprendinių ir aukštybinio pastato tūrinės – planinės kompozicijos. Teritorijos erdvinės struktūros suplanavimo koncepcija tam tikrais atvejais užduoda gaires aukštybinių pastatų tūriniams – planiniams sprendiniams.

Užsakovai. Pagrindiniais užsakovo tikslais, parenkant architektūrinius pastato sprendinius, išlieka: gauti pelno parduodant arba nuomojant patalpas, sukurti komfortiškas darbo sąlygas, pabrėžti kompanijos identitetą. Užsakovo tikslas – sėkmingai įgyvendinti projektą, kad investicijos atneštų pelno, būsimio pastato rinkos kaina būtų didesnė už statybos kainą. Pastato komforto lygis taip pat priklauso nuo architektūrinių, planinių, funkcinių pastato sprendinių. Tinkamų sąlygų įmonės veiklai sudarymas ir darbo sąlygų kokybės gerinimas – svarbūs veiksniai, didinantys šiuolaikinės įmonės konkurencingumą. Organizacijos įvaizdis – bendras ir vientisas įvairių visuomenės grupių suvokimas, supratimas apie organizaciją ir jos veiklos ypatumus. Pozityvus organizacijos įvaizdis nėra nevaldomo proceso padarinys, jis – nuoseklaus darbo rezultatas, pabrėžiantis konkrečios kompanijos veiklos pobūdį. Vizualinis kompanijos įvaizdis, kaip rodo užsienio šalių praktika, aukštybinėje statyboje gali būti formuojamas šiais būdais: parenkant pastato vietą miesto struktūroje, išskirtinę pastato tūrinę-planinę kompoziciją, fasadų tektoniką ir interjero dekorą. Būstinės vieta urbanistinėje miesto struktūroje ne tik daug pasako apie pačią organizaciją, jos padėtį rinkoje, finansines galimybes. Kartu pasireiškia utilitarinis poreikis sukurti saugią ir patogią darbo vietą (Bakan 2009). Vizualinis organizacijos identitetas turi patraukti akį, turi būti lengvai įsimenamas ir aiškiai išsiskirti iš kitų (Ward, Zunz 1997). Pagrindinis klausimas, kurį sprendžia užsakovas, – kiek galės papildomai investuoti norėdamas įgyvendinti šiuos tikslus.

Konstruktoriai. Aukštybinių pastatų konstrukcijų poveikis pastato meninio vaizdo kūrimui yra nedviprasmiškas, kintantis laike priklausomai nuo techninės ekonominės šalies ūkio būklės. Konstruktoriaus tikslas aukštybinėje statyboje – užtikrinti konstrukcijoms keliamus reikalavimus, tokius kaip mechaninis stiprumas, pastovumas, efektyvumas, technologiškumas ir kaina. Statybinių medžiagų parinkimas turi tiesioginę įtaką pastato tūrinei – planinei kompozicijai, pastatų fasadų tektonikai. Monolitinis gelžbetonis, naudojamas skirtingoms konstrukcinėms sistemoms, savo laiku atnešė ilgai lauktą plastiškumą, formos ekspresiją, leido atsisakyti ilgai vyrausių tūrinės ir erdvinės kompozicijos kūrimo principų. Konstrukcinės sistemos geometrijos poveikis aukštybiniams pastatams pasireiškia pastato tūrinės-planinės kompozicijos, fasadų tektonikos, interjero sprendinių kaita. Eksperimentavimas su konstrukcinėmis sistemomis, leido statyti aukštesnius pastatus, turi tiesioginę įtaką aukštybinio pastato architektūrinei išraiškai, apimančiai tiek pastato tūrinius – planinius, tiek interjero sprendinius. Pirmiesiems aukštybiniams pastatams naudojama laikančiųjų sienų konstrukcinė sistema, kuri realizuojama pasitelkiant didelio storio mūrą. Sieninės konstrukcinės

sistemos atveju vienu svarbiausių trūkumų galime laikyti riboto dydžio langų nišas, kurios, norint išvengti didelių įtempių laikančiojoje sienoje, išdėstomos vertikalojoje ašyje, ribojant jų skaičių ir dydį. Jėgos, atsirandančios laikančio-siose sienose, priklauso nuo tarpatramio dydžio, pastato aukščio, konstrukcinės schemos, langų skaičius ir išdėstymo. Pastato konstrukcinės sistemos poveikis neapsiriboja tik pastato eksterjeru, konstrukcijos gali būti akcentais, suteikiančiais pastato interjerui individualumo (C priedas, C2 pav. d, e). Naudojant vantines konstrukcines sistemas gaunami vizualiai atskiri tūriai, sujungti centre esančio standumo branduolio (Abalos, Herreros 2003). Konstrukcinių ir architektūrinių sprendinių sintezė leido išgauti naują urbanizuotos aplinkos estetinę kokybę, išvengti gniuždančio pastatų didelių tūrių poveikio miesto antropogeninėje struktūroje. Vieni charakteringiausių pavyzdžių išlieka Standart bankas Johannesburge, DBS ir CPF pastatai Singapūre bei Marquette pastatas Mineapolyje. Erdvinės struktūros išreiškė vizualinį ryšį tarp medžiagų mechaninių savybių, konstrukcijos geometrinės formos ir veikiančių apkrovų (Moon 2012). Tačiau poetizuotas racionalizmas kaip simbolis egzistavo jau anksčiau konstruktyvistų kūryboje, kurią apibrėžė estetiškai pagrįstų racionalių konstrukcinių sprendinių paieška, demonstruojant rafinuotą inžinerinį preciziškumą kaip neatsiejamą architektūrinės ekspresijos priemonę. Konstrukcinę idėją išreiškė Jules Saulnier suprojektuoto vieno išskirtinių pramoninės revoliucijos laikotarpio pastatų – Menier šokolado fabriko – architektūriniuose sprendiniuose (C priedas, C2 pav. a). Euklidinė geometrija paremtos konstrukcijos atsiranda dar XX a. 4-ajame dešimtmetyje R. Buckminster Fuller, Konrad Wachsmann ir Robert Le Ricolais darbuose (Abalos, Herreros 2003). Praktinė euklidinės geometrijos pusė išliko viena didžiausių problemų Louis Kahn ir Anne Griswold Tynge kūryboje. Joje išryškėjo konfliktas tarp projekto monumentalaus grožio, konstrukcijos atsparumo horizontalioms vėjo apkrovoms ir tradicinių vidinės erdvės organizavimo principų (C priedas, C2 pav. b). Tai sukėlė tam tikrų sunkumų, kurie pasireiškė išplanuojant vidinę erdvę ir išdėstant vertikalios transporto sistemas pastato plane. Nors projektas liko architektūros istorijos paraštėse, tačiau jis davė pradžią konstrukcinės sistemos geometrijos ir pastato tūrinės-planinės kompozicijos tarpusavio ryšio paieškai. Kevalinė konstrukcinė sistema pirmą kartą pritaikyta dar XX a. 7-ajame dešimtmetyje, projektuojant Dewitt-Chesnutt gyvenamąjį pastatą Čikagoje. Skirtingi kevalinės konstrukcinės sistemos variantai pritaikyti tokiems pastatams, kaip John Hancock, Sears, Standart Oil, Pasaulinis prekybos centras Niujorke. Išorinis kolonų ir sijų tinklas perima pastatą veikiančias horizontalias apkrovas. Išorinis kolonų tinklas su standžiomis jungtimis traktuojamas kaip pastatų konstravimo metu atsiradęs rezultatas. Konstrukciniai sprendiniai pirmiausia išreiškė pastato individualumą (Sarkisian 2011). Fasaduose išdėstytų kolonų tinklo komponavimas tiesiogiai priklauso nuo pastatą veikiančių apkrovų. Projektuojant aukštybinius pastatus išorinis kolonų

tinklas gali būti ne tik papildomas diagonaliniais elementais, bet ir diagonalinių elementų tinkleliu. Diagonalinių elementų tiklo komponavimas priklauso nuo pastatą veikiančių apkrovų pobūdžio ir pridėjimo krypties. Diagonalinių konstrukcinių elementų išdėstymas turi tiesioginę įtaką ne tik pastato fasadų tektonikai, bet ir pastato vidinės erdvės organizavimo įpatumams (C priedas, C2 pav. c). Vienas iš strypinių elementų erdvinio komponavimo pavyzdžių išlieka Kinijos banko pastatas Honkonge. Konstrukcinės sistemos standumas gali būti padidinamas įrengiant vertikalias plokštumas arba standumo branduolius, kurių išdėstymas turi tiesioginę įtaką aukštybinių pastatų planinei struktūrai. Horizontalios standumo juostos tampa priemone leidžiančia vizualiai skaidyti dideles fasadų plokštumas, išvengti monotonijos. Tačiau konstrukcinio sprendinio eksponavimas kaip neatsiejamas architektūrinės išraiškos dalies, išlieka architekto sprendimu. Pasaulinio prekybos centro Šanchajuje atveju horizontalios standumo juostos išlieka paslėptos už pastato stiklinių fasadų.

Pastato inžinerinių sistemų projektuotojai. Šildymo ir vėdinimo specialistai analizuoja pastatų šildymo ir vėdinimo, oro kondicionavimo, užteršto oro valymo priemones, užtikrinančias pastatų patalpų oro kokybę, aplinkos apsaugą nuo užterštumo, taupų energijos vartojimą. Dirbtinis apšvietimas aukštybinėje statyboje pirmiausia reiškė tūrinių-planinių sprendinių kaitą, tai leido atsisakyti šviesos šulinių ir atriumų, todėl vidinė pastato erdvė galėjo būti išnaudojama efektyviau. Naudojant dirbtinį apšvietimą ir oro kondicionavimo sistemas pastato gylis gali būti padidinamas. Siekiant užtikrinti tinkamą pastatų komforto lygį, didelę reikšmę turėjo šildymo ir vėdinimo sistemų įrengimas, kurios leido reguliuoti mikroklimatą pastato viduje. XX a. antrojoje pusėje centrinės oro kondicionavimo sistemos tampa įprastu reiškiniu, projektuojant stikliniais fasadais išsiskiriančius aukštybinius pastatus. Didėjant pastatų aukštingumui vis daugiau erdves užima pastatų inžinerinė įranga, todėl kyla poreikis įrengti techninius aukštus, kurie leistų sumažinti standumo branduolio užimamą plotą pastato plane. Pastatų inžinerinių sistemų parametrai lemia techninio aukšto vietą, svarbus yra jo įkomponavimas bendroje pastato kompozicijoje (Abalos, Herreros 2003). Modernizmo laikotarpiu ventiliacijos angos fasaduose nelaikomos neigiamu reiškiniu, vėliau jas stengiamasi subtiliai paslėpti, jos tampa architektūrine priemone, skaidančia vientisas dideles plokštumas. Aukštybinių pastatų projektavimo praktikoje bandoma ieškoti galimybių ne tik sumažinti elektros energijos sąnaudas eksploatacijos metu, bet ir įdiegti naujas technologijas, leidžiančias pastatui pačiam apsirūpinti reikiamu elektros energijos kiekiu. Pagrindiniai potencialūs energijos gavybos būdai aukštybinėje statyboje – fotovoltinių elementų naudojimas pastatų fasaduose, kurie gali būti pateikiami kaip atskiri arba integruoti elementai. Racionaliausias būdas galėtų būti saulės baterijų integravimas į aukštybinių pastatų fasadų paviršius, padarant jas neatsiejama naujos kartos išorinių pastatų architektūrinės išraiškos dalimi. Toks pasirinkimas kiekvienu atveju iš-

lieka individualus, priklausomai nuo supančios aplinkos ypatumų, suderinamumo su bendru architektūriniu sprendiniu. Tai turi tiesioginę įtaką fasadų tektonikos kaitai. Perkėlus šias technologijas į aukštybinius pastatus, atsiras galimybė eliminuoti infrastruktūros keliamas problemas. Vėjo jėginių naudojimas lemia pastato padėtį sklype, pastato tūrinę-planinę kompoziciją. Akivaizdu, kad aukštybinio pastato forma gali būti naudojama norint padidinti vėjo jėginių efektyvumą, nukreipiant didesnę oro srautą. Pavyzdžiui, Pearl River bokšto atveju projektuojamos horizontalios angos kiaurai pastato tūrio, parenkant aptakius paviršius tenkančiam oro srautui sustiprinti ir turbulencijai sumažinant. Aukštybinio pastato forma gali būti naudojama norint padidinti vėjo jėginių efektyvumą, nukreipiant didesnę oro srautą (C priedas, C3 pav. a, b). Tokiu atveju atsiranda naujų reikalavimų pastato kompozicijai sklype.

Nuomininkai. Dažniausiai aukštybiniai pastatai statomi nuomos tikslais, todėl projektuodamas aukštybinius pastatus architektas turi labiau atsižvelgti į galimų potencialių nuomininkų poreikius. Šiandien oro kondicionavimo sistemos naudojamos skirtingose pasaulio šalyse, dažnai derinant su šildymo, vėdinimo įranga, tačiau daugelis žmonių neretai išlieka nepatenkinti prasta oro kokybe patalpose. Tinkamų sąlygų įmonės veiklai sudarymas ir darbo sąlygų kokybės gerinimas yra svarbūs veiksniai, didinantys šiuolaikinės įmonės konkurencingumą. Tačiau nuomininkų prioritetas – mažesnė patalpų nuomos kaina. Daugelis kompanijų supranta, kad žmoniškieji ištekliai yra vieni svarbiausių veiksmų, lemiančių organizacijos veiklos efektyvumą ir jos pelną.

Autorius siūlo parenkant aukštybinio pastato architektūrinius sprendinius taikyti šiuos darnos principus (1.4. pav.):

Ekologiniai:

- aplinkos taršos mažinimas;

Techniniai – ekonominiai:

- pastato projektavimo, statybos, eksploatavimo ir nugriovimo kaštų minimizavimas;

Socialiniai:

- racionalių architektūrinių sprendinių parinkimas;
- žmonių komforto pastato viduje užtikrinimas (Zavadskas *et al.* 2011b);
- rekreacinių savybių gerinimas (Tupėnaitė *et al.* 2010);

Siekiant surasti geriausią sprendinį reikia visapusiškai atitinkantį keliamus reikalavimus. Stikliniai aukštybinių pastatų fasadai, greitai populiarėjantis personaliniai kompiuteriai bei kita biurų įranga, išskirdama papildomą karštį sąlygojo didesnę aukštybiniuose pastatuose įdiegtos oro kondicionavimo sistemos apkrovimą. Didesnė oro kondicionavimo sistemos pagalba vėsinamos patalpos temperatūra reiškia didesnes elektros energijos sąnaudas, kurios gavyba tiesiogiai susijusi su aplinkos tarša. Parenkant aukštybinio pastato architektūrinius sprendinius galima sumažinti energijos sąnaudas ir anglies dioksido išskiriamo į ap-

linką mažinimą kiekį. Svarbus architekto uždavinys – užtikrinti žmonių komfortą tiek viduje, tiek pastato išorėje (Hang 2012). Elektros energijos, reikalingos patalpoms apšviesti, sąnaudos gali būti sumažintos įrengiant stiklinius fasadų paviršius, tačiau kartu išauga apkrovos, tenkančios šildymo ir oro kondicionavimo sistemoms. Vienas tokių pavyzdžių – šiandien tarsi iš naujo atrandama atriumo funkcija, kai akumuliuojama saulės energija, išlaikoma šiluma pastato viduje, patalpos apšviečiamos natūralia šviesa ir užtikrinama natūrali patalpų ventiliacija. Evakuacines laiptines atskirais atvejais iš centrinės pastato dalies galima perkelti į šviesiąją pastato pusę, tokiu atveju galima būtų atsisakyti dirbtinio apšvietimo dieną arba jį derinti su natūraliu. Kita ne mažiau aktuali problema – žmonių komfortas pastato išorėje, ties pagrindiniu įėjimu, kur yra didelė žmonių cirkuliacija, ar terasose, esančiose skirtingame lygyje. Vėjo sukeliamas diskomfortas pėsčiųjų judėjimo vietose gali paveikti naujų pastatų rentabilumą (Hang 2012). Vykstant intensyviai didmiesčių urbanizacijai, žaliųjų plotų miesto ribose nuolat mažėja. Šiandien rekreacinių savybių gerinimas aukštybinėje statyboje apima terasų, žiemos sodų įrengimą.

Pastato architektūrinių sprendinių vertinimas. Svarbiu sprendimų priėmimo aspektu išlieka architektūrinių sprendinių kokybės vertinimas, kuris priklauso nuo to kiek projektavimo procese dalyvaujančių suinteresuotų grupių tikslai yra patenkinami, įvertinami išorinės aplinkos veiksniai, įvertinami darnos aspektai.

Aukštybinio pastato architektūrinių sprendinių kokybę kontroliuoja:

Įstatymai ir normatyvinė bazė. Architektūrinių pastato sprendinių kokybę lemia galiojantys normatyviniai dokumentai.

Teritorijų planavimo dokumentai. Nustato pastato statybos vietą, išdėstymo vietovėje būdą, padėtį sklype, tūrinės planinės kompozicijas (C priedas, 1C pav. a, b, c).

Rinka. Rinkos sąlygomis architektūrinių sprendinių pasirinkimas priklauso nuo jų įgyvendinimo kainos. Nekilnojamojo turto rinka formuoja išskirtinės architektūros poreikį.

Užsakovas. Užsakovai kokybę gali kontroliuoti įvairiais būdais. Projekto dalių priežiūra gali būti pavesta projekto vadovui, kuris kontroliuoja skirtingų projekto dalių kokybę ir atlikimo terminus. Taip pat yra svarbu kokius reikalavimus užsakovas kelia aukštybinių pastatų architektūriniais sprendiniais, atsižvelgiant į nekilnojamojo turto rinkoje egzistuojančias tendencijas ir savo finansines galimybes. Nuomininkų teikiami prioritetai turi tiesioginę įtaką užsakovo architektūrinių sprendinių vertinimui.

Savivaldos institucijos. Miesto savivaldybė išduoda statybą leidžiantį dokumentą, kontroliuoja projekto atitiktį galiojantiems teritorijų planavimo dokumentams, teisinei bazei, normatyviniams dokumentams, išduotiems specialiesiems architektūros reikalavimams.

Ekspertai. Statomo statinio techninei būklei įvertinti atliekama statinio ekspertizė, kuri leidžia įvertinti, kaip esamo ar statomo statinio techninė būklė atitinka esminius statinio reikalavimus, statinio normatyvinę kokybę ir kitus statybos teisės aktų nustatytus reikalavimus. Taip pat svarbesnių objektų architektūrinių sprendinių kokybei užtikrinti gali būti pasitelkiama ekspertų taryba prie LR architektų sąjungos, kurios priimti sprendimai išlieka rekomendacinio pobūdžio priimant savivaldos institucijai sprendimą dėl statybą leidžiančio dokumento išdavimo.

1.3.2. Aukštybinių pastatų konstrukciniai sprendiniai

Aukštybinių pastatų konstrukcinės sistemos buvo nagrinėjamos skirtingų autorių (Shueller 1977; Коэак 1986; Taranath 1998; Ali, Moon, 2007), tačiau kompleksinis sprendinių priėmimo vertinimas nebuvo taikomas. Konstruktorius priima sprendinius, atsižvelgiant į skirtingų suinteresuotų grupių poreikius ir išorinę makro-, mezo- bei mikroaplinką. Kiekviena iš suinteresuotų grupių siekia savo tikslų (1.5 pav.). Atliekant analizę tikslai aprašomi remiantis daugybe kokybinių ir kiekybinių kriterijų. Šiandien aplinkos išsaugojimo problema tampa svarbiu veiksmu projektuojant aukštybinius pastatus. Konstrukcinių sprendinių kokybę galima vertinti mechaninio konstrukcijų stiprumo, pastovumo, efektyvumo, technologiškumo ir kainos aspektais, tačiau darnos principai reikalauja vertinti platesnį spektrą kriterijų. Pastato konstrukcijų projektavimo metu taip pat gali būti minimizuojamos energijos sąnaudos, statybos atliekos, aplinkos tarša kitose pastato gyvavimo proceso stadijose. Įgyvendinant darniai statybai keliamus reikalavimus, pastatai turi būti lengvai pritaikomi kitai paskirčiai, laikkančiosios konstrukcijos nesunkiai išmontuojamos ir perdirbamos. Aplinkos taršos įvertinimas projektuojant pastatų konstrukcijas nėra atliekamas, nes daugelis jo aspektų paprastai nėra priimtini užsakovui (Shen *et al.* 2010). Todėl dažniausiai projektuojant aukštybinius pastatus darnos principai nėra tinkamai iki galo įvertinami.

Projektuojant aukštybinius pastatus turi būti įvertinami šie makrolygmens veiksniai:

Valstybės vykdoma politika. Valstybės poveikis konstrukcinių sprendinių parinkimui pasireiškia normatyvinės bazės kūrimu, kuri apibrėžia minimalius konstrukcijoms keliamus reikalavimus ir lemia statinio geometrinės struktūros ir statybinių medžiagų parinkimą.

Šalies ekonominis lygis. Šalies ekonomika lemia statytojų ekonomines galimybes, statybinių medžiagų, konstrukcinių sistemų parinkimą aukštybinėje statyboje.

Aukštybinių pastatų konstrukcinių sprendinių parinkimui įtaką turi šie mezolygmens veiksniai:

Finansinės užsakovo galimybės. Dėl finansinių užsakovo galimybių skiriamos tam tikros lėšos projektui įgyvendinti, kurios turi tiesioginę įtaką konstrukcinio sprendinio parinkimui.

Aukštybinių pastatų konstrukcinių sprendinių parinkimui įtaką turi šie mikrolygmens veiksniai:

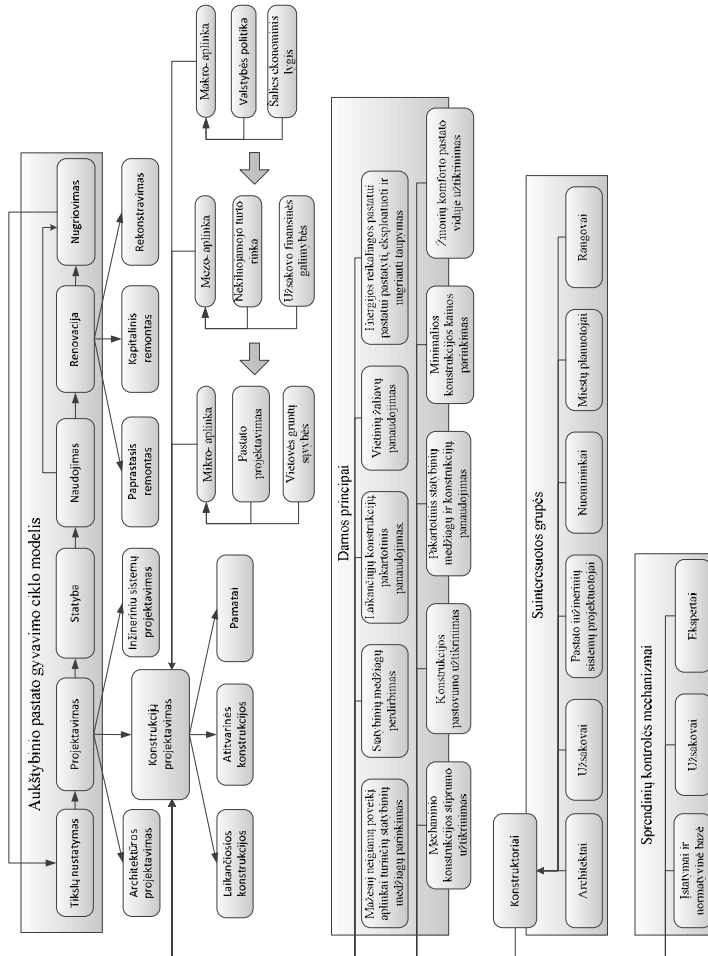
Pastato projektavimo procesas – tam tikrais atvejais konstrukciniai sprendiniai gali būti parenkami atsižvelgiant į projektavimo darbų sąnaudas.

Vietovės gruntų savybės – jos turi tiesioginę įtaką pastato pamatų konstrukcijų parinkimui.

Kiekvienu pastato gyvavimo etapu rūpinasi įvairios suinteresuotos grupės. Projektuojant pastato gyvavimo procesą ir priimant sprendimus, reikia atsižvelgti į šių grupių interesus ir poreikius, įvertinti jų poveikį aukštybinio pastato konstrukcinių sprendinių parinkimui (1.5 pav.).

Konstruktoriai. Konstruktoriai parenka pastato laikančiąsias, atitvarinės konstrukcijas, pamatų konstrukcinius sprendinius. Jų tikslas užtikrinti konstrukciniams sprendiniams keliamus techninius – ekonominius reikalavimus, tokius kaip mechaninis stiprumas, pastovumas, efektyvumas, technologiškumas, kaina. Projektuojant pastato konstrukcijas taip pat reikia užtikrinti žmonių komfortą pastato viduje.

Laikančiosios konstrukcijos. Priklausomai nuo projektuojamo pastato aukščio, keitėsi laikančiosios konstrukcinės sistemos sprendiniai. Aukštybinių pastatų konstrukcinės sistemos parinkimą apsprendžia tokie veiksniai kaip projektuojamo pastato aukštis, funkcinė paskirtis, vidinės erdvės organizavimo principai, šalies materialinė – techninė bazė ir t.t. Pirmiesiems aukštybiniams pastatams taikoma sieninė konstrukcinė sistema. Pasirenkant medžiagas pirmenybė teikiama mūrinėms konstrukcijoms, kurios yra pakankamai atsparios aplinkos poveikiui. Tačiau didelis konstrukcijų svoris, nelankstus vidinės erdvės išplanavimas sąlygojo jų neefektyvumą projektuojant aukštybinius pastatus. Didėjantis pastatų aukštingumas sąlygojo naujų konstrukcinių sistemų paiešką. Mišria vadinama konstrukcinė sistema kai pastato pastato perimetru išdėstomos laikančiosios sienos, tuo tarpu karkasas taikomas tik vidinei pastato daliai. Mažiau kaip per tris dešimtmečius aukštybinių pastatų konstrukcinė sistema išgyveno didelius pokyčius nuo mišrios iki karkasinės.



1.5 pav. Makro-, mezo-, mikrolygmens veiksnių, darnos aspektų ir suinteresuotų grupių ir sprendinių kontrolės mechanizmų

itaka konstrukcinių sprendinių parinkimui (Tamošaitienė, Gaudutis 2013)

Fig. 1.5. Macro-, mezo-, micro-level factors, sustainability principles and interested groups and solutions control mechanisms effect on structural system selection (Tamošaitienė, Gaudutis 2013)

Ryšinės karkasinio pastato konstrukcinės sistemos atveju visų horizontalių ir vertikalųjų strypų jungtys yra lankstinės, todėl pastato karkasas atlaiko tik vertikaliąsias apkrovas. Tačiau didėjant pastato aukščiui tai tampa problema, nes atsiradusi vėjo apkrova stipriai deformuoja karkasą. Didžiausias pastatų aukštingumas, naudojant skirtingas statybines medžiagas laikantiesiems konstrukciniams elementams, gali siekti nuo 10–15 aukštų. Laikančiųjų konstrukcijų įlinkiai turi būti ribojami, kad nesukeltų su jomis susijusių neleistinų pastato elementų deformacijų. Tai galima padaryti parenkant racionalią konstrukcinės sistemos struktūrą, didinant konstrukcinių elementų skerspjūvio matmenis, parenkant standžiuosius elementų sujungimo mazgus, naudojant skirtingus standumo elementus. Statybos trukmė ir ekonomiškumas didele dalimi priklauso nuo pasirinktos konstrukcinės sistemos technologiškumo. Plieno naudojimą aukštybinių pastatų statyboje sąlygojo išskirtinai intensyvus metalurgijos pramonės raida, kuri leido sumažinti plieno kainą ir tokiu būdu padidinti jo sunaudojimą statybos sektoriuje. Plienas dėl sumažėjusių kainų ir savo mechaninių savybių ilgiems dešimtmečiams tampa dominuojančia statybine medžiaga. Perėjimą prie plieninių konstrukcinių elementų projektuojant aukštybinių pastatus sąlygojo tokie techniniai privalumai kaip didelis pagaminimo tikslumas, paprastas ir tikslus konstrukcijų surinkimas panaudojant varžtus, kurie leidžia paspartinti montavimo darbus statybos aikštelėje. Pradėjus naudoti plieną aukštybinėje statyboje, atsirado ir papildomos problemos, tokios kaip apsauga nuo neigiamų atmosferinių poveikių. Tuo metu vieninteliu patikimu apsaugots nuo korozijos būdu išlieka brangiai kainuojantis ir reikalaujantis reguliaraus atnaujinimo laikančiųjų konstrukcijų padengimas antikoroziniais dažais. Naudojant rėminę-ryšinę konstrukcinę sistemą, pastato aukštingumas išaugo iki 20 aukštų. Gelžbetoninės konstrukcijos leido vystyti aukštybinę statybą pokario metais valstybėse neturinčiose materialinės – techninės bazės leidžiančios karkasinės konstrukcinės sistemoms naudoti plieną. Gelžbetonio pritaikymas aukštybinėje statyboje leido sumažinti plieno sąnaudas, padidinti pastato standumą, supaprastinti laikančiųjų konstrukcijų apsaugą nuo korozijos ir ugnies poveikio, padidinti konstrukcijos ilgaamžiškumą ir t.t. Jeigu ankščiau aukštybinėje statyboje būdavo įprasta sumažinti elementų nomenklatūrą, užtikrinant didelį elementų pasikartojimą objekto konstrukcijose, paprastą gamybą, tai pokario metais siekiama pastato konstrukcijas kiek įmanoma sustambinti, tokiu būdu paspartinant montavimo darbus statybos aikštelėje. XX a. antrojoje pusėje surenkamų gelžbetoninių elementų panaudojimas praktikoje sąlygojo aukštybinių pastatų konstrukcinių elementų standartizaciją, tokiu būdu didelę dalį darbų perkelti iš statybos aikštelės į gamyklas. Pastato laikančiųjų konstrukcijų sprendiniai parenkami pagal gelžbetonio gamyklų siūlomą gaminių sortimentą. XX a. 7-ajame dešimtmetyje aukštybinėje statyboje pradedami naudoti vantinė konstrukcinė sistema, leidžianti racionaliai panaudoti statybines medžiagas, sumažinti perdangų skerspjūvius.

Vantinė konstrukcinė sistema atspindi laikmečio dvasią ir idėjas, savo laiku buvo sukurta siekiant ne tik geriau išnaudoti plieno mechanines savybes, bet ir sukurti originalius architektūrinius sprendinius, kartu sukuriant laisvą vidinę pastato erdvę. Tačiau vantinės – stiebinės konstrukcinės sistemos turi tokius trūkumus kaip horizontalios apkrovos priimamos išskirtinai standumo branduolio, todėl pailgėja apkrovų perdavimo kelias, lynų deformacijas sąlygoja temperatūriniai poveikiai. Siekiant užtikrinti didesnę projektuojamo pastato standumą naudojamos santvaros išdėstytos šachmatine tvarka, statmenai trumpai pastato kraštinei. Šachmatiniu būdu išdėsčius santvaras, pastatas tampa daug standesnis, negu išdėsčius jas kas antrame aukšte (C priedas, C5 pav. a, b). Rėminė karkasinė pastato konstrukcinė sistema sudaroma abiem pastato kryptimis išdėsčius horizontalius strypus ir adeta ieškoti jų sintezės galimybių. Galima projektuoti pastatus, kurių aukštingumas neviršija 30 aukštų. Išorinis kolonų tinklas gali būti sustiprintas ne tik naudojant diagonaliuosius elementus, bet ir įrengiant sienas – diafragmas, standumo branduolius (C priedas, C5 pav. f). Pabrėžtina tai, kad visos stiebinės konstrukcinės sistemos išsiskiria didesniu atsparumu seisminėms ir vėjo apkrovoms, o tai neabejotinai išlieka vienu svarbiausių aspektų projektuojant aukštybinius pastatus. Didėjant pastatų aukštingumui, šių tarpatramiams, mažėjant laikančiųjų konstrukcijų masei, horizontalių apkrovų poveikis pastatams tampa ypač aktualus. Gelžbetoninio standumo branduolio panaudojimas leido projektuoti pastatus, turinčius rėminę konstrukcinę sistemą, kurių aukštingumas siekia iki 40 aukštų. Vienas svarbiausių konstruktoriaus tikslų – užtikrinti žmonių komfortą pastato viduje. Tokiu atveju pasirenkant ribines pastato svyravimų reikšmes, išlieka žmogaus komfortas, tačiau skirtingose normatyvinėse bazėse šie ribiniai dydžiai skiriasi. Konstrukcinės sistemos patikimumas ir standumas dar labiau padidinamas įrengiant standumo diržus skirtingose pastato vietose, kurie lemia mažesnius horizontalius pastato poslinkius ir leidžia statyti iki 60 aukštų pastatus (C priedas, C5 pav. c). Kaip rodo praktika, konstrukcijos standumas, sujungiant pastatą juosiančias santvaras su standumo diafragma, gali būti padidinamas iki 30 %. Kuo daugiau standumo juostų naudojama, tuo didesnis standumo branduolio ir kolonų darbo lygis kartu. Išorinio kolonų tinklo standumas gali būti padidinamas pasitelkiant vidines sienas – diafragmas. Vietoje atskirų sienų diafragmų, esančių pastato plane gali būti kaip papildomas standumo elementas naudojamas standumo branduolys, kuris tuo pačiu leidžia realizuoti didesnio aukštingumo pastatus. Stiebinė-kevalinė konstrukcinė sistema išlieka ekonomiška 60–80 aukštų pastatams, priklausomai nuo statybinių medžiagų, parinktų laikančiosioms konstrukcijoms. Išorinis kolonų tinklas priima didelę dalį vėjo apkrovos viršutinėje dalyje, tuo tarpu standumo branduolys perima didelę dalį horizontalių apkrovų apatinėje pastato dalyje. Kevalinė konstrukcinė sistema pirmą kartą pritaikyta dar XX a. 7-ajame dešimtmetyje, projektuojant Dewitt-Chesnutt gyvenamąjį pastatą Čikagoje. Išorinė dėžė realizuojama

kaip standus strypinių elementų tinklas, sutapatintas su išoriniu pastato kontūru, veikiant tiek horizontalioms, tiek vertikaloms apkrovoms (Schueller 1977). Architektūrinės erdvės morfologijos ir naujų technologijų sąlytis visuomeninėje erdvėje atitinkamai pakoregavo perdangų konstrukcinius sprendinius. Vieni didžiausių pokyčių biurų projektavime, kurie turėjo tiesioginę įtaką perdangų konstrukciniams sprendiniams, buvo oro kondicionavimo sistemų įdiegimas visuomeniniuose pastatuose. Laisvas biurų plano modelis lėmė konstrukcinės sistemos ypatumus. Skirtingi kevalinės konstrukcinės sistemos variantai pritaikyti tokiems pastatams, kaip John Hancock, Sears, Standart Oil ir kt. Kevalinė konstrukcinė sistema leido statyti pastatus, kurių aukštingumas siekė 90–100 aukštų. Atskirais atvejais gali būti naudojamas kevalas, sudarytas iš diagonalinių elementų, kuris išlieka efektyviu, tačiau mažiau ekonomišku sprendimu nei vertikalų išorinių kolonų tinklas (Schueller 1977). Išorinis kevalas gali būti sustiprintas lygiagrečiai skirtingu žingsniu išdėstant sienas, diafragmas arba kolonų tinklą pastato viduje (C priedas, C5 pav. d, e). Viena efektyviausių konstrukcinių sistemų, taikomų išimtinai aukštybiniams pastatams, iki šiol praktikoje kaip pasiteisinęs sprendinys yra daugiasekinė dėžinė konstrukcinė sistema (angl. *bundled tube*), kuri leidžia statyti aukštesnius kaip 100 aukštų pastatus. Ji pritaikyta vienam aukščiausiu pasaulio pastatų – Sears bokštui. Išorinis kolonų tinklas sustiprintas vidiniais ryšiais (C priedas, C5 pav. g, h). Tarpsekinis kolonų tinklas išdėstytas lygiagrečiai su vėjo kryptimi perima horizontaliuosius poslinkius ir sukelia įtempių koncentraciją kolonų tinklo sankirtos vietose, pabrėžiant individualų kiekvienos dėžės darbo pobūdį. Ekonominiai aspektai pirmiausiai paskatina naujų konstrukcinių sistemų atsiradimą, jų dominavimą aukštybinėje statyboje. Šiandien statoma vis daugiau pastatų, naudojant konstrukcines sistemas iš kompozicinių medžiagų. Didėjant pastatų aukštingumui, pradedami naudoti konstrukciniai elementai, tarpusavyje jungiantys mechanines plieno ir betono savybes, siekiant sumažinti įrašas, atsirandančias konstrukcijoje. Jeigu sieninė konstrukcinė sistema XX a. antrojoje pusėje išgyveno tam tikrą atsinaujinimą, kurį sąlygojo platus gelžbetonio pritaikymas praktikoje, tai konstrukcinės sistemos su daliniu karkasu dėl jos trūkumų, projektuojant aukštybinius pastatus, ilgą laiką nebuvo taikoma. Pastaruoju metu realizavus Burj Dubai tampa akivaizdu, kad didesnis pastatų aukštingumas gali būti pasiekiamas naudojant mišrią konstrukcinę sistemą, sudaryta iš gelžbetoninių konstrukcinių elementų. Šiandien projektuojant aukštybinių pastatų laikančiąsias konstrukcijas, vis didesnę svarbą įgauna darnos aspektai. Projektuojant aukštybinių pastatų konstrukcines sistemas įvertinami materealiniai resursai, kurie apima statybines medžiagas, energiją, darbuotojus, statybos darbų greitį, mechanizmus, finansines galimybes, ir poveikis žmonių komfortui, supančiai aplinkai.

Atitvarinės konstrukcijos. Tačiau natūrali ventiliacija patraukliai atrodo tik iš pirmo žvilgsnio. Atvėrus langus, atsiranda naujų problemų, tokių kaip triukš-

mas, oro tarša, o tai ypač charakteringa tankiai užstatytiems didmiesčių rajonams. Tai tampa didele problema apatiniams pastatų aukštams, esantiems šalia transporto kelių, todėl ilgesnį laiką atviri langai nėra išeitis. Žinoma, natūralus oras gali įeiti ne vien per atidaromus langus. Fasadų sprendiniai turi būti parenkami remiantis ne tik estetiniais, bet ir techniniais ekonominiais rodikliais. Stiklo šviesos laidumas ir jo atspindžio charakteristikos gali būti labai įvairios. Horizontalios žaliuzės, įrengiamos pastato fasadų konstrukcijose, taip pat gali pakeisti tiesioginių saulės spindulių kampą ir nukreipti juos į patalpas.

Konstrukciniai pamatų sprendiniai. Nuo parinktų pamatų priklauso pastato ilgaamžiškumas, jo eksploatacijos kokybė. Mechaninės gruntų savybės tiriamos prieš parenkant konstrukcinę pastato sistemą. Parenkant pamatus svarbiausias uždavinys – nuspręsti, koks bus konstrukcinis pastato sprendinys, nustatyti įgilinimo altitudę, formą, parinkti matmenis, konstrukcines pamato detales, užtikrinant patikimą poveikį perdavimą pagrindui. Pamatų įgilinimo dydis – vienas svarbiausių veiksnių, lemiančių pastato laikomąją galią ir leidžiamąsias konstrukcijos deformacijas. Pamatų parinkimą lemia konstrukciniai pastato sprendiniai, gretimų pamatų įgilinimas, inžinerinės ir geologinės sklypo sąlygos, sklypo reljefas.

Užsakovai. Vienas svarbiausių užsakovų tikslų – konstrukcinės sistemos kainos sumažinimas, kuri apima statybines medžiagas, energiją, darbuotojus, statybos darbų greitį, mechanizmus, finansines galimybes ir t. t. Užsakovo tikslas šiame pastato gyvavimo etape – greičiau organizuoti projektavimo procesą, parinkti racionalesnius konstrukcinius sprendinius. Užsakovo paskirtas asmuo glaudžiai bendrauja su projekto vadovu, gauna atskaitas apie architektūros projektavimo etapo įgyvendinimo eigą.

Projekto vadovas. Projekto valdymo tikslas – patenkinti suinteresuotų šalių lūkesčius, tinkamai ir laiku įgyvendinus projektą pagal numatytą apimtį, išteklius, biudžetą ir kokybę. Projekto vadovas projekto iniciavimo etape įgaliotas užtikrinti projekto planavimo, vykdymo ir stebėsenos, kontrolės ir projekto tikslų įgyvendinimą ir atskaitas teikti užsakovui per nustatytą laiką (Keršulienė, Turskis 2011; Zavadskas *et al.* 2012).

Architektai. Tūrinės-planinės kompozicijos kaita lemia: stabilizuojančių konstrukcijų vietą, statinio struktūros sandarą, standumo elementų išdėstymą pastato plane. 1916 metais Niujorke įsigaliojus zonavimo taisyklėms, kurios sąlygojo tūrinių – planinių sprendinių kaitą, pastatai proporcingai turėjo laiptuotai laibėti aukštedami, tokiu būdu pagerinant apatinių ir viršutinių aukštų insoliaciją. Tai sąlygojo naujų tūrinių – erdvinų kompozicijų atsiradimą, kurie tapo priklausomi nuo subjektyvios architektų pozicijos ir taikomų stilistinių instrumentų. Laiptuotos pastatų tūrinės – erdvinės kompozicijos tampa inspiracijos šaltiniu kituose pasaulio miestuose statomiems aukštybiniams pastatams. Vienas postmodernizmo laikotarpiui būdingų pastatų laiptuoto aukštėjimo pavyzdžių yra

Liberty Place pastatų kompleksas Filadelfijoje ir Pasaulinio prekybos centro Niujorke 3 pastatas (C priedas, C4 pav. a, b). Pastatui laiptuotai aukštėjant, didžiausias konstrukcijos standumas pasiekiamas apatinėje pastato dalyje, kur lenkimo yra didžiausi. Tai sąlygoja mažesnę atskirų aukštų rentabilų plotą taikant pereinančias konstrukcijas. Stabilizavimo konstrukcijos sąlygoja didesnę pastato projektinį aukštį, didesnę statybinių medžiagų, reikalingų laikančiosioms konstrukcijoms ir fasadams įrengti, kiekį.

Pagrindinio įėjimo akcentavimas pastato fasade sąlygoja apatinių aukštų konstrukcinių sprendinių kaitą. Jie gali būti įgyvendinami naudojant skirtingą kolonų tinklo žingsnį, aukšto aukštį, kolonų ir sijų skerspjūvį, kolonų formą. Pagrindinio įėjimo akcentavimas pastato fasade leidžia suteikti pastatų fasadams įvairovės, išvengti dideliems plokštumoms būdingos monotonijos. Pagrindinio įėjimo vieta aiškiai matoma pastato kompozicijoje, kad žmonės tiesiausiu keliu patektų į reikiamas patalpas. Stabilizuojančių konstrukcijų įrengimas pirmame aukšte sąlygoja didesnes statybinių medžiagų sąnaudas. Priklausomai nuo pasirinkto konstrukcinio sprendinio keičiasi pastato pirmojo aukšto projektinis aukštis, kartu didėja statybinių medžiagų sąnaudos, reikalingų pastato laikančioms ir nelaikančioms konstrukcijoms. (C priedas, C4 pav. h). Neretai didesni kolonų skerspjūviai parenkami pirmiausiai remiantis estetiniais principais, todėl konstrukciniu požiūriu išlieka neracionalūs.

Parinkus organiską pastato tūrinių – erdvinių sprendinių plastiką, geriau atsisleidžiamas objekto turinys, kartu palieka gilesnę emocinį poveikį stebėtojui. Atsiradus naujoms aukštybinių pastatų modeliavimo galimybėms, pasitelkiant sudėtingas grafines programas, architektūrinė koncepcija tampa dar įmantresnė. Šiandien pastato formos parinkimas neapsiriboja vien tik meniniais aspektais, įvertinant vizualinį ryšį su aplinkiniu užstatymu. Pastato forma užtikrina erdvinį konstrukcijos darbą, veikiant horizontaliosioms apkrovoms, kartu sudaro mažesnę pasipriešinimo paviršių. Pastato svyravimus sukelia turbulentinis srautas, atsirandantis pastato užvėjinėje pusėje ir jo sąveika su pastato paviršiumi. Cilindro forma leidžia sumažinti vėjo apkrovų, tenkančių pastato laikančiosioms konstrukcijoms, reikšmes 20–40 %, palyginti su stačiakampe prizme. Elipsės formos pastatai turi tas pačias savybes kaip cilindro formos pastatai, tačiau šiuo atveju išlieka svarbi pastato orientacija vyraujančių vėjų atžvilgiu (Irwin *et al.* 2008). Stačiakampių arba kvadrato formos nuožulnių kampų įrengimas, jų suapvalinimas, vertikalių griovelių įrengimas – dažnas reiškinys aukštybinėje statyboje, leidžiantis pastatą apsaugoti nuo sukurių susidarymo užvėjinėje pusėje. Vienas tokių priemonių taikymo pavyzdžių – 150 metrų aukščio „Mitsubishi“ kompanijos pastatas Yokohamoje. Pastato „Taipei 101“ kampų modifikacija leido sumažinti konstrukcijose atsirandantį lenkimo momentą ties pamatais iki 25 %. Numatomos angos projektuojamo pastato tūryje leidžia sumažinti vėjo slėgį, tenkantį pastato paviršiui viršutinėje pastato dalyje (Irwin *et al.* 2008). Tokių

sprendinių efektyvumas priklauso nuo pastato aukščio, geometrijos, vietos, kurioje jie įrengiami. Vienas charakteringiausių sprendinių išlieka NEC pastatas Tokijuje, Fuji Xerox pastatas Singapūre. Tačiau Kingdom Center pastato Rijade (C priedas, C4 pav. e) ir pasaulinio verslo centro Šanchajuje (C priedas, C4 pav. f) atvejais anga pastato tūryje tampa architektūrine priemone, leidžiančia suteikti dideliam pastato tūriui individualumo. Vėjo poveikį, tenkantį konstrukcijai, galima sumažinti ne tik parenkant efektyvią pastato formą, bet ir naudojant papildomas priemones aerodinaminėms tūrių savybėms pagerinti (Irwin *et al.* 2008).

Tinkliniai ryšiai yra tipinės horizontalias apkrovas priimančios konstrukcijos. Jos realizuojamos naudojant diagonalinius ryšius, kurie perima horizontalius pastato poslinkius ir perduoda kolonų tinklui. Diagonalinių standumo elementų geometrinės formos parinkimui tiesioginę įtaką turi sienos dydis, joje esančių angų skaičius (C priedas, C4 pav. i). Sienų diafragmų forma ir padėtis pastato plane turi didelę įtaką jų darbui veikiant horizontalioms apkrovoms.

Pastatų inžinerinių sistemų projektuotojai. Jų tikslas – užtikrinti tinkamą patalpų komforto lygį, kurį galima apibrėžti temperatūra, oro drėgme, apšvietimu, triukšmo lygiu ir t. t. Didžiausiu pokyčiu galime laikyti oro kondicionavimo sistemų įdiegimą visuomeniniuose pastatuose, kurie paveikė ne tik projektuojamų patalpų aukštį, bet atskirais atvejais ir perdangų konstrukcijas. Naudojant įprastas tarpaukštines perdangas, vamzdynus ir ortakius tenka išvedžioti per sijąs, susilpninant dvitėjų profiliuotųjų sieneses, tokiu būdu parenkant racionalų perdangų aukštį.

Teritorijų planavimo specialistai. Egzistuoja tarpusavio ryšys tarp teritorijos suplanavimo sprendinių ir pasirenkamos konstrukcinės sistemos. Vėjo apkrovas veikiančių pastatų konstrukcijų charakteristikos yra charakteristikų visuma, priklausanti nuo vėjo, nagrinėjamo pastato geometrijos ir kitų objektų, esančių vėjo kryptimi, artumas. Aukštybinių pastatų išdėstymas miesto urbanistinėje struktūroje lemia vėjo apkrovas, veikiančių pastato konstrukcijas dydį. Viena iš aktualių grėsmių išlieka aplinkinio užstatymo kaita, kuri taikomas priemonės, skirtas pagerinti statinio aerodinaminės savybės, gali padaryti neefektyviomis.

Rangovai. Rangovai statybos procesui kelia individualius reikalavimus, tačiau jie turi patenkinti ir privalomus normatyvinių dokumentų reikalavimus. Statybos trukmė ir ekonomiškumas daugiausia priklauso nuo pasirinktos konstrukcinės sistemos technologiškumo.

Autorius siūlo parenkant aukštybinio pastato konstrukcinius sprendinius taikyti šiuos darnos principus:

Ekologiniai:

- mažesnę neigiamą poveikį supančiai aplinkai turinčių statybinių medžiagų parinkimas (Medineckienė *et al.* 2010; Hong *et al.* 2012);
- laikančiųjų konstrukcijų pakartotinis panaudojimas;

- statybinių medžiagų perdirbimas;

Techniniai – ekonominiai:

- vietinių žaliavų naudojimas;
- energijos reikalingos pastatui pastatyti, eksploatuoti ir nugriauti taupymas;
- pakartotinis statybinių medžiagų ir konstrukcijų panaudojimas (Moon 2008);
- mechaninio konstrukcijos stiprumo užtikrinimas (Ražaitis 2004);
- konstrukcijos pastovumo užtikrinimas (Ražaitis 2004; Moon 2008);
- konstrukcinių sprendinių efektyvumo užtikrinimas (Ražaitis 2004; Moon 2008);
- konstrukcinių sprendinių technologiškumo užtikrinimas (Ražaitis 2004; Moon 2008);
- konstrukcijos kaina;

Socialiniai:

- žmonių komforto pastato viduje užtikrinimas (Zavadskas *et al.* 2011b);

Statybos sektorius išlieka viena daugiausiai energijos suvartojanti ir anglies dvideginio išskirianti žmogaus veiklos sričių. Aplinkos tarša gali būti sumažinta pakartotinai naudojant konstrukcinę sistemą, statybines medžiagas ir jas perdirbant (Hong *et al.* 2012; Lee *et al.* 2012; Ku, Wong 2012). Sumažinti aplinkos taršą galima pastato konstrukcijų projektavimo metu parenkant mažesnę neigiamą poveikį supančiai aplinkai turinčias statybines medžiagas. Suvartojamą energiją galima įvardyti kaip energiją, reikalingą konstrukciniams elementams pagaminti, transportuoti, sumontuoti, nugriauti ir perdirbti, tačiau tai dar nereiškia efektyvaus konstrukcinio sprendinio (Jiao *et al.* 2012; Hearn *et al.* 2012; Qian *et al.* 2012). Vietinių žaliavų naudojimas susijęs su mažesnėmis transportavimo išlaidomis. Projektuojant pastato laikančiąsias konstrukcijas turi būti užtikrinamas mechaninis konstrukcijos stiprumas ir pastovumas. Stiprumas - konstrukcijos savybė nesuirti veikiant apkrovai. Pastovumas - konstrukcijos savybė užtikrinti reikiamą pusiausvyros formą. Daugiaaukščiams pastatams dėl horizontalių jėgų veikimo atsiranda virtimo pavojus. Projektavimo metu pasirinkta konstrukcinė sistema turi tiesioginę įtaką statybos trukmei. Konstrukcinių sprendinių efektyvumas apima bendrąjį pastato architektūrinio, konstrukcinio sprendimo racionalumą. Vienas reikšmingiausių rodiklių projektuojant pastato konstrukcijas yra kaina. Pagrindiniu rodikliu pasirenkant pastato laikančiųjų konstrukcijų standumą vienas svarbiausių rodiklių yra žmonių komfortas pastato viduje. Todėl pastatų svyravimai skirtingose normatyvinėse bazėse ribojami nuo $h/350$ iki $h/500$ (Taranath 1998).

Pastato konstrukcinių sprendinių vertinimas. Užsakovo poreikių tenkinimas kokybiniu ir kainos aspektu išlieka konstruktoriaus uždaviniu. Minimalius reikalavimus, keliamus konstrukcijai, apibrėžia šalies normatyvinė bazė. Statinys iš

pasirinktų statybos produktų turi būti suprojektuotas ir pastatytas taip, kad normaliomis naudojimo sąlygomis statinys atitiktų esminius statinio reikalavimus (mechaninio atsparumo ir pastovumo, gaisrinės saugos, higienos, sveikatos ir aplinkos apsaugos, saugaus naudojimo, apsaugos nuo triukšmo, energijos taupymo ir šilumos išsaugojimo) per visą statinio gyvavimo trukmę. Konstrukcija turi būti taip suprojektuota ir sumontuota, kad dėl tokių poveikių, kaip gaisras, sproginimas, smūgis arba žmonių klaidos, nebūtų nuostoliai nebūtų didesni nei nuo įprastų poveikių. Konstrukcija turi būti suprojektuota ir sumontuota taip, kad per numatytą eksploatacijos laikotarpį ji atitiktų racionalaus patikimumo reikalavimus: būtų atspari visiems poveikiams ir įtakoms, kurių gali pasitaikyti vykdant statybos darbus ir konstrukciją eksploatuojant; tenkintų jai keliamus naudojimo reikalavimus. Atitvarinėms pastato konstrukcijoms keliami reikalavimai turi būti parinkti taip, kad pastate esančių žmonių girdimo triukšmo lygis nekeltų grėsmės jų sveikatai, atitiktų jų darbui, poilsiui ir miegui būtinas komfortines aplinkos sąlygas (Ražaitis 2004; Tamošaitienė, Gaudutis 2013).

Konstrukcinių sprendinių kokybę kontroliuoja šie mechanizmai:

Istatymai ir normatyvinė bazė. Konstrukcinių sprendinių kokybę lemia galiojantys normatyviniai dokumentai. Juose apibrėžiami esminiai statinio reikalavimai, konstrukcinė pastato dalies apimtis, konstrukcinių brėžinių braižymo taisyklės, grafiniai žymėjimai.

Užsakovas. Atsižvelgiant į turimas finansines galimybes, gali būti skirtingi kokybės lygiai, tačiau privalu tenkinti normatyviniuose dokumentuose keliamus minimalius reikalavimus.

Ekspertai. Suprojektuoto statinio konstrukciniams sprendiniams įvertinti atliekama statinio ekspertizė, kuri leidžia įvertinti, kaip techninė esamo ar statomo statinio būklė atitinka esminius statinio reikalavimus, statinio normatyvinę kokybę ir kitus statybos teisės aktų nustatytus reikalavimus.

1.4. Pirmojo skyriaus išvados ir disertacijos uždavinių formulavimas

1. Teritorijų planavimo etapas yra glaudžiai susijęs su pastato gyvavimo proceso etapais. Sprendiniai turi tiesioginę įtaką skirtingais gyvavimo proceso etapais priimamiems sprendiniams ir tarpiniams bei galutiniams rezultatams.

2. Norinti parinkti tinkamą aukštybinių pastatų išdėstymo būdą ir vietą mieste, turi būti įvertinami procese dalyvaujančių suinteresuotų grupių tikslai, procesą veikianti mikro-, mezo-, makroaplinka ir darnos principai.

3. Priimti sprendiniai pastato projektavimo etapuose turi tiesioginę įtaką ne tik gautam konkrečiam sprendiniui, bet ir kitų etapų rezultatams.

Atsižvelgiant į apibendrinimus, suformuluoti pagrindiniai šio darbo uždaviniai:

1. Suformuluoti problemas ir joms spręsti pasitelkti daugiatislius vertinimo metodus.
2. Rasti tinkamus rodiklius, leidžiančius įvertinti teritorijų planavimo ir pastato konstrukcinius sprendinius darnos aspektu.
3. Sudaryti kompleksinį vertinimo modelį, pagrįstą daugiatisliais ir kitais vertinimo metodais, nustatytoms problemoms spręsti ir pritaikyti sprendžiant praktinius uždavinius.

Kompleksinis sprendinių vertinimas

Sprendimų priėmimo procesas – kiekvieno žmogaus kasdienybė. Iš pažiūros tai nesudėtingas procesas, kai sprendžiamą problemą aprašome keletu rodiklių. Tačiau ieškant racionalaus sprendinio problemą turime vertinti kompleksiškai. Problemai aprašyt taikomas kompleksas įvairių sprendžiamą problemą aprašančių rodiklių, kurie priklauso nuo procesuose dalyvaujančių suinteresuotų grupių, turinčių skirtingus interesus. Sprendinių priėmimo procesą veikia skirtingi makro-, mezo- ir mikroaplinkos veiksniai, turintys įtakos įvairiose srityse ir įvairiais lygmenimis. Sprendžiant skirtingus uždavinius reikia susieti kiekybinius ir kokybinius rodiklius, įvertinti skirtingus viešuosius ir privačius interesus. Tokiems uždaviniams spręsti turi būti taikomi tam tinkantys vertinimo metodai. Skyriuje pateiktos medžiagos pagrindu buvo paskelbos šios publikacijos mokslo žurnaluose ir konferencijų medžiagoje (Tamošaitienė *et al.* 2012; Tamošaitienė, Gaudutis 2013; Tamošaitienė *et al.* 2013).

2.1. Kompleksinis sprendimų priėmimas

Metodologiškai sprendimus priimančias asmenys remiasi psichologiniais žmogaus sistemos informacijos perdavimo modeliais, individo elgesio teorija sprendžiant daugiatislo vertinimo užduotis. Projektavimo procese dalyvauja

skirtingos suinteresuotos grupės, turinčios skirtingų tikslų. Sprendžiami sudėtingi uždaviniai, nes sprendimo priėmimo procesą veikia skirtingi makro-, mezo- ir mikroaplinkos veiksniai. Sprendžiant uždavinius, reikia susieti kiekybinių ir kokybinių rodiklių vertinimą, suderinti skirtingus tikslus. Pagrindinis tikslas – gauti problemos sprendimą įvertinant kintančios aplinkos poveikį. Atsižvelgiant į sprendžiamo uždavinio tipą sudarius individualius sprendimo algoritmus gali būti vertinami teritorijų planavimo bei projektavimo sprendiniai.

2.1.1. Verbaliniai analizės metodai

Atliekant verbaline analize, gali būti taikomi šie metodai:

- SSGG (stiprybės, silpnybės, galimybės, grėsmės) analizė yra modelis nurodantis strateginių planų vystimo kryptį ir suteikiantis jiems pagrindą. Taikytas skirtinguose darbuose (Zavadskas *et al.* 2010c; Zavadskas *et al.* 2011a,b; Doratli *et al.* 2004; Vural-Arslan *et al.* 2011; Ghazinoory *et al.* 2011).
- BOCR (Benefits, Opportunities, Costs, Risks) analizė nurodo strateginių planų vystimo kryptį ir suteikiantis jiems pagrindą. Taikytas skirtinguose darbuose (Kang 2013; Saaty, Vargas 2013a; Saaty, Vargas 2013b).

2.1.2. Rodiklių reikšmingumą nustatymo metodai

Suformavus rodiklius ir nustačius jų reikšmes, pagal sprendžiamo uždavinio pobūdį būtina nustatyti rodiklių reikšmingumus. Rodiklių reikšmingumai gali būti nustatomi taikant:

- AHP (angl. *Analytical Hierarchy Process*) metodą, kurio tikslas įvertinti ir pasirinkti geriausią alternatyvą, atsižvelgiant į nedidelį skaičių rodiklių. Visos poros palyginamos tarpusavyje kiekvieno kriterijaus atžvilgiu (Saaty 1980).
- Ekspertinio vertinimo metodą, kuris plačiai taikomas nustatant rodiklių reikšmingumus, atskirais atvejais gali būti taikomas įvairių problemų sprendimui (Sivilevicius 2011a,b; Ustinovičius *et al.* 2011; Šaparauskas *et al.* 2011; Zavadskas *et al.* 2010, 2011 a,b, 2012 a,b; Hearn *et al.* 2012; Klügel 2011; Murray *et al.* 2011).

2.1.3. Daugiatikslio vertinimo metodai

Šiuo metu sukurta nemažai sprendimo priėmimo metodų, kurie bendruoju atveju vadinami daugiatiksliais sprendimų priėmimo metodais (angl. *Multi-Criteria Decision Making*). MCDM metodai skirstomi į daugiaobjekčius sprendimų priėmimo metodus (angl. *Multi-Objective Decision Making*, MODM) ir

daugiatikslius sprendimų priėmimo metodus (angl. *Multi-Attribute Decision Making*, MADM). MODM sukurti problemoms nagrinėti nuolatinėje sprendimų erdvėje. MADM koncentruoja optimalią alternatyvą diskrečiose sprendimų erdvėse, kur optimali alternatyva pasirenkama iš anksto sudarant nustatytą alternatyvų rinkinį (Tamošaitienė 2009).

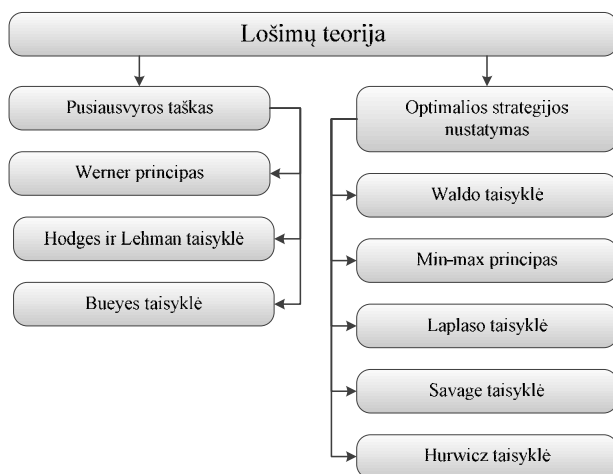
Sprendžiant kompleksinius uždavinius įprasto nesudėtingo sprendimų priėmimo proceso nepakanka dėl per didelio skaičiaus vertinamų rodiklių ir sprendžiamos problemos sudėtingumo (Choi, Huh 2012). Tokius uždavinius tikslinga spręsti daugiatikslio vertinimo metodais, nuodugniai aprašančiais pagrindinį tikslą – problemos sprendimą. Daugiatikslio vertinimo metodai gali būti taikomi atsižvelgiant į įvairius suinteresuotų grupių tikslus. Jie parenkami įvertinant daugelį rodiklių, parenkamų pagal informacijos tipus, aprašančius sprendžiamos problemos rodiklius.

Daugiatikslių metodų taikymo galimybės konkrečiam uždaviniui nagrinėjamos remiantis daugeliu požymių (Zavadskas, Kaklauskas 1996). Uždaviniai gali būti paprasti, vidutiniški ar sudėtingi. Pasirenkant metodą tiriama:

- metodu išspręstų konkretaus pobūdžio uždavinių skaičius;
- didžiausias galimas vertinamų alternatyvų skaičius;
- didžiausias galimas rodiklių, kuriais apibūdinamos alternatyvos, skaičius;
- informacija apie sprendimą priimančių specialistų nuomonę;
- gautų rezultatų patikimumo tyrimo galimybės;
- naujiems žmonėms mokytis skirtas laikas;
- uždavinio sprendimo laikas.

2.1.4. Tradiciniai daugiatikslio vertinimo metodai

Lošimų teorija taikoma sprendimams, kai nėra jokios informacijos apie rodiklius ir jų reikšmingumus (Peldschus, Zavadskas 2005). Lošimų teoriją sudaro šios taisyklės: pusiausvyros strategijos MinMakso principas (Muschik 1975), Waldo taisyklė, Savage'o ir Niehauso taisyklė (Savage 1951), Hurwiczo taisyklė (Hurwicz 1951), Laplace'o taisyklė (Laplace 1814), Bayeso taisyklė (Arrow 1949), Hodgeso ir Lehmano taisyklė (Hodges, Lehmann 1952) sprendimai pagal Wernerį (Werner 1971). Lošimų teorijos taisyklių klasifikacija pateikta 2.1 paveiksle.



2.1 pav. Lošimų teorijos metodai
Fig. 2.1. The methods of game theory

TOPSIS (angl. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) (Hwang, Yoon 1981) – variantų prioritetiškumo nustatymo metodas, kur optimali alternatyva turi mažiausią atstumą nuo idealiojo taško ir didžiausią atstumą nuo idealiai blogiausio sprendinio. Daugiatikslio vertinimo metodas TOPSIS yra patogus sprendimų priėmėjui dėl rodiklių naudojimo. Kiekvienas rodiklis turi reikšmingumą. TOPSIS metodas taip pat taikomas esant dideliame rodiklių skaičiui (Hwang, Yoon 1981). TOPSIS neapibrėžtumo sąlygomis nagrinėjo Wang et al. (2006). Quan et al. (2008) aprašė neapibrėžtumo sritis. Alternatyvų įvertinimą TOPSIS metodu neapibrėžtumo aplinkoje nagrinėjo Antuchevičienė (2005a,b). Sprendimų priėmimo plėtrą TOPSIS metodo grupei nagrinėjo Shih et al. (2007), požeminio vandens kokybės įvertinimui Li et al. (2012).

Zavadskas ir Kaklauskas (1996) skirtingiems tikslams suderinti ir variantų prioritetų eilei sudaryti sukūrė daugiatikslio kompleksinio proporcingo vertinimo metodą COPRAS (angl. COMplex PROportional ASsessment of alternatives). Šiuo metodu sudaroma variantų prioritetų eilutė, nustatoma, kiek vienas variantas geresnis už kitą. Jis taikytas darniems pastatams įvertinti (Mulliner et al. 2013), statybinėms medžiagoms parinkti (Chatterjee, Chakraborty 2012), poliniams pamatams parinkti (Zavadskas et al. 2012a), daugiatiksliam kelių projektų vertinimui atlikti (Zavadskas et al. 2007).

Gerai žinomi SAW (angl. Simple Additive Weighting) MacCrimon (1968) originalus adityvinis metodas, multiplikatyvinis eksponentinis alternatyvų rangavimo metodas, verbaliniai metodai, perstatymų metodas. Išsamiai išnagrinėti

apsisprendimo matricos normalizavimo klausimai (Dėjus 2011; Podvieszko 2011; Simanavičienė *et al.* 2012; Ustinovičius *et al.* 2012).

ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality) metodas taikomas sprendžiant skirtingus uždavinius. Taikymo tikslas yra geriausios alternatyvos iš keletos suradimas arba alternatyvų rangavimas nagrinėjamo tikslo atžvilgiu. Alternatyvų prioritetų nustatymui taikoma PROMETHEE II idėja - sutarimo arba nesutarimo indikatorius.

PROMETHEE (The Preference Ranking Organization MeTHod for Enrichment Evaluations) metodas sumuoja kiekvienos alternatyvos prioritetiškumą vertinimus ir visų neigiamų prioritetiškumą vertinimus. PROMETHEE II metodas išdėsto visas lyginamasias alternatyvas svarbumo eilės tvarka (Gupta *et al.* 2012; Roozbahani *et al.* 2012).

MOORA (Multi-Objective Optimization by Ration Analysis) (Brauers, Zavadskas 2006) taikomas norint palyginti tarpusavyje galimas alternatyvas (Brauers 2013; Zavadskas *et al.* 2013).

MULTIMOORA (MOORA plus Full Multiplicative Form) (Brauers, Zavadskas 2010) išplėstas daugiatiskslio vertinimo metodas, leidžiantis nustatyti nagrinėjamų alternatyvų prioritetiškumą (Brauers *et al.* 2013).

ARAS (*Additive Ratio ASessment*) daugiatiskslio vertinimo metodas, leidžiantis nustatyti geriausias alternatyvas (Turskis, Zavadskas 2010a; Zavadskas *et al.* 2010).

2.1.5. Modifikuoti ir kombinuoti daugiatiskslio vertinimo metodai

COPRAS-G metodo sprendimų priėmimo pagrindas yra intervalų sistemų teorija, paremta rodiklių reikšmių vertinimu. Šis metodas taikytas rangovų parinkimui (Zavadskas *et al.* 2008a), projekto vadovams parinkti (Zavadskas *et al.* 2008b), konteinerių terminalui įvertinti (Barysiene 2012), pjaustymo įrankio medžiagai parinkti (Maity *et al.* 2012), gyvenamųjų namų vidaus klimatui įvertinti (Zavadskas *et al.* 2011).

SAW-G (*Simple Additive Weighting method with grey number*) metodas, leidžiantis įvertinti skirtingas dimensijas turinčius rodiklius, kai jų reikšmės išreikštos intervalais. Šis metodas taikytas rangovo parinkimui (Zavadskas *et al.* 2010a), darnios statybos vertinimui (Medineckienė *et al.* 2010).

TOPSIS metodo reikšmių aprašymo intervalais galimybes tyrė Zhanga *et al.* (2004), Chen, Tzeng (2004). Yang *et al.* (2007) tyrė MADM metodus su dinaminėmis funkcijomis problemoms nustatyti ir vertinant alternatyvų reikšmes, išreikštas intervale. TOPSIS metodą su rodikliais, aprašytais intervalu taikė (Zavadskas *et al.* 2009). Lin *et al.* (2008) taikė šį metodą rangovui parinkti (Zavadskas *et al.* 2010a), rizikos vertinimui statyboje (Zavadskas *et al.* 2010b).

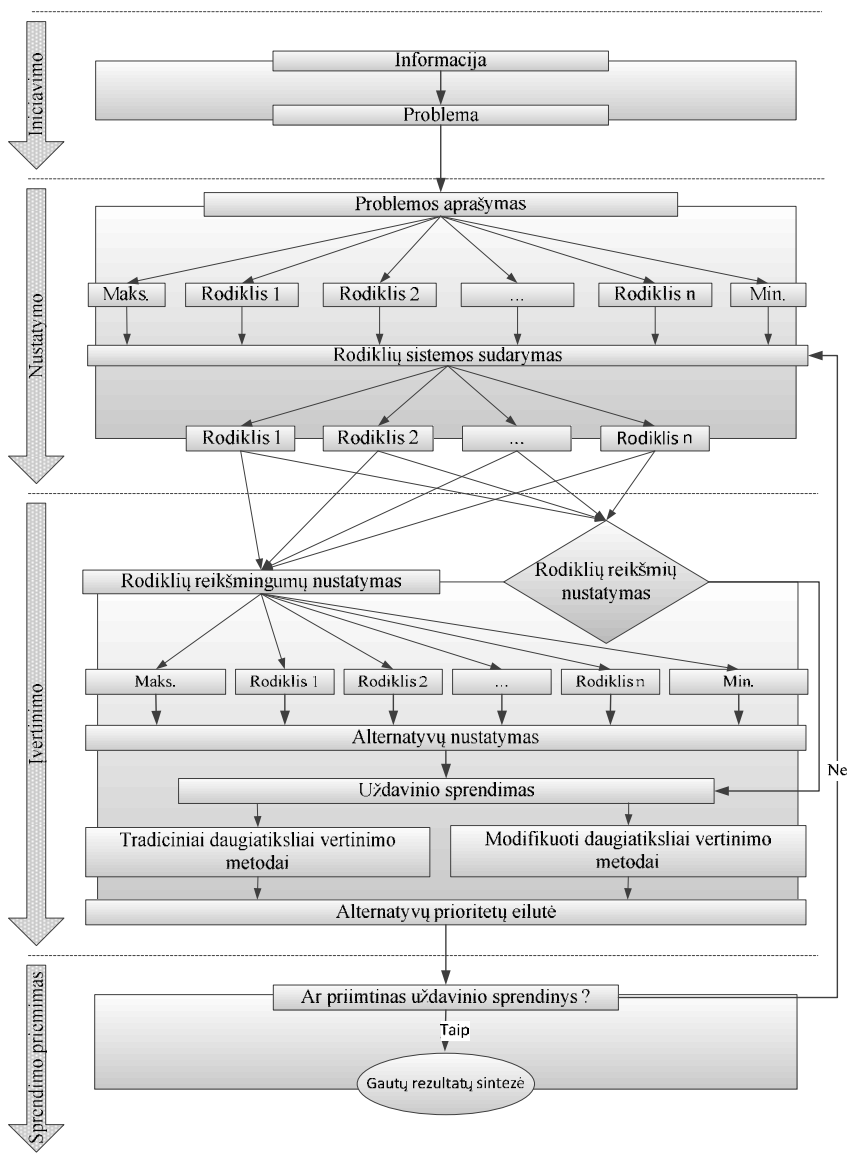
ARAS-G (*Additive Ratio ASessment with grey number*) daugiatislio vertinimo metodas, leidžiantis nustatyti geriausias alternatyvas, kai pradinė informacija aprašyta intervalu (Turskis, Zavadskas 2010b).

Paskutiniu metu taikomi kombinuoti įvairūs daugiatislio vertinimo metodai. Sprendžiant kompleksinius uždavinius, svarbu ne tik nustatyti bendruosius tikslus ir sudaryti kiekvieno etapo sprendimo priėmimo proceso seką, kurie sudarytų sprendžiamos problemos sprendimo algoritmą, bet ir sudaryti bendrą sprendžiamos problemos modelį. AHP ir TOPSIS „grey“ derinys taikytas grupės nariui parinkti (Antuchevičienė and Zolfani 2013), įvertinti kaimo telecentrų darbą (Zolfani *et al.* 2012). AHP ir COPRAS derinys taikytas priežiūros strategijai parinkti (Fouladgar *et al.* 2012a), statybos firmos darbo organizavimo strategijoms sudaryti (Fouladgar *et al.* 2012). AHP ir COPRAS-G taikytas tiekimo kompanijai parinkti (Zolfani *et al.* 2012b), prioritetams nustatyti pėsčiųjų tiltų statyboje (Aghdaie 2012), šaltojo formavimo plieno konstrukcijų statybos metodams įvertinti, plotams, pažeistiems gamtos stichijų, rekonstruoti (Bitarafan *et al.* 2012), miško keliams išdėstyti (Zolfani *et al.* 2011). Visi šie metodai gali būti taikomi kompleksiniam vertinimui priimant sprendinius.

2.2. Kompleksinis daugiapakopis vertinimo modelis

Sudarant uždavinių sprendimo modelius, pirmiausia sudaromos uždavinius apibūdinančios rodiklių sistemos. Kuo daugiau pasirenkama rodiklių, tuo daugiau informacijos turima ir galima gauti tikslesnius rezultatus. Uždavinių, apibūdinančių rodiklių reikšmės ir reikšmingumus, ir reikšmingumų nustatymo metodai gali būti skirstomi į įvairias grupes: kiekybinius arba techninius-ekonominius ir kokybinius. Rodiklių sistemos sudaromos alternatyvoms įvertinti. Siekiant užsibrėžto tikslo, turi būti parinktas ir racionalus, nesudėtingas sprendimų priėmimo procesas, alternatyvoms vertinti parinkti adekvatūs (atitinkantys) problemą sprendimo priėmimo bei tyrimų metodai. Metodų, taikomų konkrečiai problemai spręsti, parinkimas priklauso nuo pradinės informacijos rūšies, t. y. nuo pradinių duomenų tipo. Uždaviniui spręsti sudarytas daugiapakopio kompleksinio vertinimo modelis, kuris pateiktas 2.2 paveiksle. Uždavinio sprendimą galime skaidyti į šiuos etapus. Pirmasis etapas – inicijavimas, kuris apima tikslo nustatymą, remiantis nagrinėjama problema. Sekantis etapas – aprašymas. Šiuo etapu nagrinėjamos vertinamosios alternatyvos, nustatomos vertinamosios problemos ir sudaroma kriterijų sistema. Vertinimui sudaroma rodiklių sistema, aprašomi galimi tikslingi rodikliai, parenkamas metodas rodiklių reikšmingumams nustatyti. Nustatomos kiekvienos vertinamosios alternatyvos reikšmės, pasirenkamas vertinimo metodas ir atliekami skaičiavimai. Išsprendus uždavinį, keliais daugiatislio vertinimo metodais būtinai atliekama gautų rezul-

tatų sintezė. Atlikus skaičiavimo rezultatų lyginamąją analizę priimamas galutinis sprendimas.

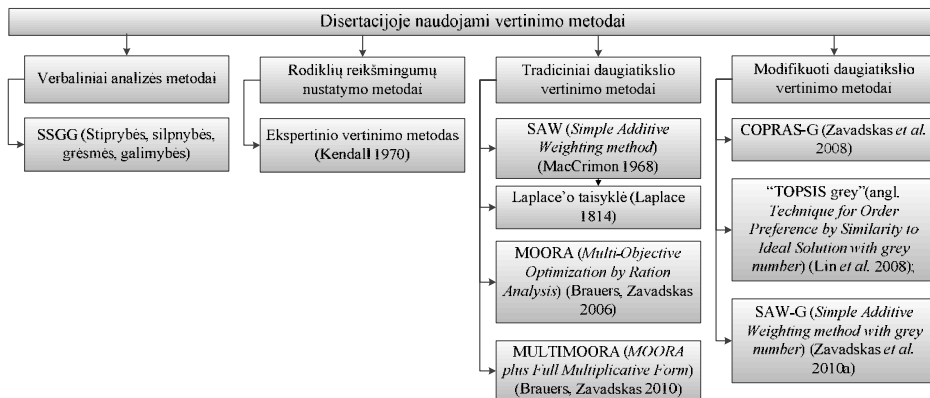


2.2 pav. Kompleksinis sprendinių sprendimo priėmimo modelis

Fig. 2.2. Complex assessment and decision making model

2.2.1. Kompleksinis daugiapakopis vertinimo modelis

Siekiant surasti racionaliausią uždavinio sprendinį, taikant sudarytą daugiapakopį vertinimo modelį, siūloma taikyti šiuos vertinimo metodus (2.3 pav.), aprašytus sekančiuose poskyriuose.

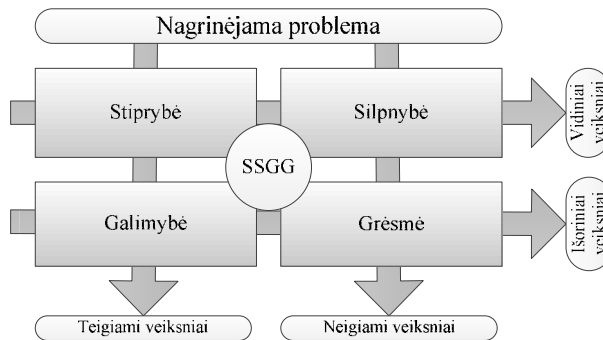


2.3 pav. Praktiniams uždaviniams spręsti taikomi vertinimo metodai

Fig. 2.3. Assessment methods used for practical tasks

2.2.2. Rodiklių sistemai sudaryti taikoma SSGG analizė

Sprendžiant uždavinį, kuriam reikalingas strateginis planavimas, gali būti taikoma SSGG (Stiprybės, Silpnybės, Grėsmės, Galimybės) analizė, kuri leidžia įvertinti išorinę makro-, mezo-, mikroaplinką, suinteresuotų grupių poreikius, darnos aspektus. Taikyta skirtingiems uždaviniams spręsti (Zavadskas *et al.* 2010c; Zavadskas *et al.* 2011a,b; Doratli *et al.* 2004; Vural-Arslan *et al.* 2011; Ghazinoory *et al.* 2011). SSGG analizės tikslas yra identifikuoti esmines problemas, nustatyti tikslus, valdyti galimus scenarijus. Ją galima įvardinti kaip modelį, nurodantį strateginių planų vystymo kryptį ir suteikiantį jiems pagrindą. Pagal strateginio planavimo metodiką SSGG nagrinėjama kaip panaudoti stiprybes galimybėms įgyvendinti, ištaisyti silpnybes pasinaudojant galimybėmis, panaudoti stiprybes grėsmėms sumažinti, kokias silpnybes reikia pašalinti, kad sumažėtų grėsmės (2.4 pav.).

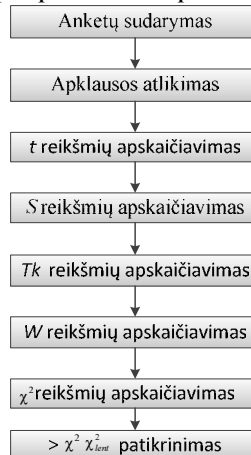


2.4 pav. SSGG analizės matrica
Fig. 2.4. SWOT analysis matrix

Disertacijoje SSGG metodas taikomas rodiklių sistemai, paremtai verbaline informacija, sudaryti.

2.2.3. Ekspertinio vertinimo metodas rodiklių reikšmingumams nustatyti

Apklausus ekspertus, gauti vertinimų rinkiniai apdorojami statistiškai. Ekspertinio vertinimo metodo etapai pateikti 2.5 paveiksle.



2.5 pav. Ekspertinio vertinimo metodo etapai (Zavadskas 1987)
Fig. 2.5 Expert judgement method stages (Zavadskas 1987)

Vidutinis rodiklių vertinimo rangas $\bar{t}_j$ skaičiuojamas pagal šią formulę (Zavadskas, Kaklauskas 1996):

$$\bar{t}_j = \frac{\sum_{k=1}^r t_{jk}}{r}, \quad (2.1)$$

čia $t_{jk} - k$ eksperto atliktas j rodiklio rangas; r – ekspertų skaičius.

Rodiklio reikšmingumas apskaičiuojamas rodiklių vidurkių sumą dalijant iš kiekvieno rodiklio vidutinės įvertinimo reikšmės (Zavadskas 1987):

$$q_j = \frac{t_j}{\sum_{j=1}^n \bar{t}_j}. \quad (2.2)$$

Visų rodiklių reikšmingumų suma turi būti lygi vienetui:

$$\bar{q}_j = \sum_{j=1}^n \frac{\bar{t}_j}{\sum_{j=1}^n \bar{t}_j} = 1,0. \quad (2.3)$$

Tuomet nustatomas ekspertų nuomonės patikimumas. Jis išreiškiamas ekspertų nuomonių konkordancijos koeficientu W , apibūdinančiu individualių nuomonių sutapimo laipsnį:

$$W = \frac{12S}{r^2(n^3 - n) - r \sum_{k=1}^r T_k}, \quad W \in [0; 1] \quad (2.4)$$

čia S – kiekvieno rodiklio vertinimo rangų nuokrypių kvadratų suma; $T_k - k$ susijusių rangų rodiklis; k – ekspertų skaičius; n – vertinamų rodiklių skaičius. Šio koeficiento reikšmė turi artėti prie vieneto.

Kiekvieno rodiklio įvertinimo rangų nuokrypių kvadratų suma apskaičiuojama taip:

$$S = \sum_{j=1}^n \left[\sum_{k=1}^r t_{jk} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r t_{jk} \right]^2, \quad (2.5)$$

čia $t_{jk} - k$ eksperto j rodikliui priskiriamas rangas.

Konkordancijos koeficiento reikšmingumas nustatomas pagal šią formulę:

$$\chi^2 = \frac{12S}{n(n+1) - \frac{1}{1-n} \sum_{k=1}^r t_k}. \quad (2.6)$$

Ši reikšmė turi būti didesnė negu χ_{lent}^2 , kuri priklauso nuo laisvės laipsnių skaičiaus ir pasirinkto reikšmingumo lygio α , tuomet laikoma, kad ekspertų nuomonės suderintos. Priešingu atveju, kai, teigiama $\chi^2 = \chi_{lent}^2$, kad ekspertų nuomonės nesuderintos.

2.2.4. TOPSIS „grey“ metodas su rodiklių reikšmėmis, apibrėžtomis intervalu

TOPSIS „grey“ metodas su rodiklių reikšmėmis apibrėžtomis intervalu. Pa-teikiamas daugiatakslio vertinimo metodo TOPSIS „grey“ (Lin *et al.* 2008) ma-tematinis aprašymas:

1. Sudaroma svarbiausių rodiklių sistema, aprašant alternatyvas;
2. Normalizuotos sprendimų matricos sudarymas, taikant (2.7) formulę:

$$\otimes X = \begin{bmatrix} \otimes x_{11} & \otimes x_{12} & \dots & \otimes x_{1m} \\ \otimes x_{21} & \otimes x_{22} & \dots & \otimes x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \otimes x_{n1} & \otimes x_{n2} & \dots & \otimes x_{nm} \end{bmatrix}; \quad i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}, \quad (2.7)$$

Blogiausios reikšmės normalizuojamos taikant (2.8) formulę:

$$\otimes \bar{X}_{ij, b} = \frac{\otimes X_{ij}}{\max_i(b_{ij})} = \left(\frac{w_{ij}}{\max_i(b_{ij})}, \frac{b_{ij}}{\max_i(b_{ij})} \right). \quad (2.8)$$

Geriausios reikšmės normalizuojamos taikant (2.9) formulę:

$$\otimes \bar{X}_{ij, b} = 1 - \frac{\otimes X_{ij}}{\max_i(b_{ij})} = \left(1 - \frac{b_{ij}}{\max_i(b_{ij})}, 1 - \frac{w_{ij}}{\max_i(b_{ij})} \right). \quad (2.9)$$

3. Idealiai geriausių ir idealiai blogiausių alternatyvų reikšmių nustatymas sprendiniams. Idealiai geriausia alternatyva A^{k+} ir idealiai blogiausia alternaty-

va A^{k-} iš priimamų sprendimų aibės k gali būti aprašomos taikant formules (2.10) ir (2.11):

$$A^+ = \left\{ \left(\max_i b_{ij} \mid j \in J \right), \left(\min_i w_{ij} \mid j \in J' \right) \mid i \in n \right\} = [x_1^+, x_2^+, \dots, x_m^+]; \quad (2.10)$$

$$A^- = \left\{ \left(\min_i w_{ij} \mid j \in J \right), \left(\max_i b_{ij} \mid j \in J' \right) \mid i \in n \right\} = [x_1^-, x_2^-, \dots, x_m^-]. \quad (2.11)$$

4. Nustatomos skaičiuojamos grupės d_i^+ ir d_i^- teigiamų ir neigiamų idealiųjų alternatyvų reikšmės.

Priimamo sprendimo kintamojo k , idealiai teigiamos alternatyvos – d_i^+ ir idealiai neigiamos alternatyvos d_i^- reikšmės išreiškiamos Minkowskio atstumu ir apskaičiuojamos pagal (2.12) ir (2.13) formules:

$$d_i^{k+} = \left\{ \frac{1}{2} \sum_q q_j \left[|x_j^{k+} - \bar{w}_{ij}^k|^p + |x_{ij}^{k+} - \bar{b}_{ij}^k|^p \right] \right\}^{1/p}; \quad (2.12)$$

$$d_i^{k-} = \left\{ \frac{1}{2} \sum_q q_j \left[|x_j^{k-} - \bar{w}_{ij}^k|^p + |x_{ij}^{k-} - \bar{b}_{ij}^k|^p \right] \right\}^{1/p}. \quad (2.13)$$

Formulėse (2.11) ir (2.12) $p \geq 1$, q_j yra rodiklio j reikšmingumas, kuris gali būti nustatomas taikant rodiklių svorių nustatymo metodus. Jeigu $p = 2$, tuomet pagal Euklido funkcijos atstumą rodiklių reikšmės išreiškiamos formulėmis (2.14) ir (2.15):

$$d_i^{k+} = \sqrt{\left\{ \frac{1}{2} \sum_q q_j \left[|x_j^{k+} - \bar{w}_{ij}^k|^2 + |x_{ij}^{k+} - \bar{b}_{ij}^k|^2 \right] \right\}}; \quad (2.14)$$

$$d_i^{k-} = \sqrt{\left\{ \frac{1}{2} \sum_q q_j \left[|x_j^{k-} - \bar{w}_{ij}^k|^2 + |x_{ij}^{k-} - \bar{b}_{ij}^k|^2 \right] \right\}}. \quad (2.15)$$

5. Rodiklių reikšmių skaičiavimas grupei. Kiekvienos alternatyvos sujungimas į grupę bus atliktas taikant $\otimes X$ operaciją kiekvienai priimamo sprendimo reikšmei. Tuomet d_i^+ , d_i^- teigiamos ir neigiamos alternatyvos atitinkamai išreiškiamos taip:

$$d_i^{*+} = \otimes d_i^{1+}, \dots, \otimes d_i^{K+}; \quad (2.16)$$

$$d_i^{*-} = \otimes d_i^{1-}, \dots, \otimes d_i^{K-}. \quad (2.17)$$

Normalizavimą galima atlikti keliais būdais: vidurkio geometrinio, vidurkio aritmetinio, taip pat galima jų modifikacija. Kiekvienos grupės alternatyvos išreiškiamos formule (2.18):

$$d_i^{*+} = \left(\prod_{k=2}^K d_i^{k+} \right)^{1/K}; \quad (2.18)$$

$$d_i^{*-} = \left(\prod_{k=2}^K d_i^{k-} \right)^{1/K}. \quad (2.19)$$

6. Apskaičiuojamas alternatyvos atstumas C_i^{*+} nuo idealiai teigiamos alternatyvos. Santykinis atstumas iki idealiojo taško atitinkamam artumui i -tajai alternatyvai, atitinkamai grupės idealiajai alternatyvai gali būti išreikštas (2.20) formule:

$$C_i^{*+} = \frac{d_i^{*-}}{d_i^{*+} + d_i^{*-}}. \quad (2.20)$$

7. Pagal apskaičiuotas C_i^{*+} reikšmes sudaroma reikšmių prioriteto eilutė.

2.2.5. COPRAS-G metodas su rodiklių reikšmėmis, apibrėžtomis intervalu

Šio metodo sprendimų priėmimo pagrindas – intervalų sistemų teorija pagrįstas rodiklių reikšmių vertinimas. COPRAS-G metodo skaičiavimo algoritmą sudaro šie etapai (Zavadskas *et al.* 2008, 2009):

1. Pagal rodiklių reikšmes sudaroma sprendimų priėmimo matrica $\otimes X$.

$$\otimes X = \begin{bmatrix} \otimes x_{11} & \otimes x_{12} & \dots & \otimes x_{1m} \\ \otimes x_{21} & \otimes x_{22} & \dots & \otimes x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \otimes x_{n1} & \otimes x_{n2} & \dots & \otimes x_{nm} \end{bmatrix} = \quad (2.21)$$

$$= \begin{bmatrix} [w_{11}; b_{11}] & [w_{12}; b_{12}] & \dots & [w_{1m}; b_{1m}] \\ [w_{21}; b_{21}] & [w_{22}; b_{22}] & \dots & [w_{2m}; b_{2m}] \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ [w_{n1}; b_{n1}] & [w_{n2}; b_{n1}] & \dots & [w_{nm}; b_{nm}] \end{bmatrix};$$

$$j = \overline{1, n}; \quad i = \overline{1, m},$$

čia $\otimes x_{ij}$ – rodiklio w_{ij} (mažiausia reikšmė) ir b_{ij} (didžiausia reikšmė).

Reikšmės išreikštos mažiausia ir didžiausia riba.

2. Nustatomos rodiklių reikšmingumą q_j reikšmės.

3. Sudaroma normalizuota sprendimų priėmimo matrica $\otimes X$, kurios rodiklių reikšmės išreikštos intervalu $[w_{ij}; b_{ij}]$:

$$\begin{aligned} \overline{w_{ij}} &= \frac{w_{ij}}{\frac{1}{2} \left(\sum_{j=1}^n w_{ij} + \sum_{j=1}^n b_{ij} \right)} = \frac{2w_{ij}}{\sum_{j=1}^n w_{ij} + \sum_{j=1}^n b_{ij}}; \\ \overline{b_{ij}} &= \frac{b_{ij}}{\frac{1}{2} \left(\sum_{j=1}^n w_{ij} + \sum_{j=1}^n b_{ij} \right)} = \frac{2b_{ij}}{\sum_{j=1}^n (w_{ij} + b_{ij})}; \end{aligned} \quad i = \overline{1, n} \text{ and } j = \overline{1, m}, \quad (2.22)$$

čia w_{ij} yra mažiausia sprendimų priėmimo alternatyvos i j -tojo rodiklio reikšmė; b_{ij} – didžiausia sprendimų priėmimo alternatyvos i j -tojo rodiklio reikšmė; m – rodiklių skaičius; n – lyginamų alternatyvų skaičius.

Sprendimų priėmimo matrica normalizuojama pagal šią formulę:

$$\begin{aligned} \otimes \bar{X} &= \begin{bmatrix} \otimes \bar{x}_{11} & \otimes \bar{x}_{12} & \dots & \otimes \bar{x}_{1m} \\ \otimes \bar{x}_{21} & \otimes \bar{x}_{22} & \dots & \otimes \bar{x}_{2m} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \otimes \bar{x}_{n1} & \otimes \bar{x}_{n2} & \dots & \otimes \bar{x}_{nm} \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} [\overline{w_{11}}; \overline{b_{11}}] & [\overline{w_{12}}; \overline{b_{12}}] & \dots & [\overline{w_{1m}}; \overline{b_{1m}}] \\ [\overline{w_{21}}; \overline{b_{21}}] & [\overline{w_{22}}; \overline{b_{22}}] & \dots & [\overline{w_{2m}}; \overline{b_{2m}}] \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ [\overline{w_{n1}}; \overline{b_{n1}}] & [\overline{w_{n2}}; \overline{b_{n1}}] & \dots & [\overline{w_{nm}}; \overline{b_{nm}}] \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (2.23)$$

4. Pagal (2.24) formulę sudaroma normalizuotoji ir pasverta sprendimų priėmimo matrica $\otimes \hat{X}$, čia $\otimes \hat{x}_{ij}$ pasvertos ir normalizuotos rodiklių reikšmės apskaičiuotos pagal šią formulę:

$$\otimes \hat{x}_{ij} = \otimes \bar{x}_{ij} \cdot q_j; \quad \hat{w}_{ij} = \overline{w_{ij}} \cdot q_j; \quad \hat{b}_{ij} = \overline{b_{ij}} \cdot q_j. \quad (2.24)$$

čia q_j yra j -tojo rodiklio reikšmingumas.

Tuomet sprendimų priėmimo matrica normalizuojama pagal (2.25) formulę:

$$\begin{aligned} \otimes \hat{X} &= \begin{bmatrix} \otimes \hat{x}_{11} & \otimes \hat{x}_{12} & \dots & \otimes \hat{x}_{1m} \\ \otimes \hat{x}_{21} & \otimes \hat{x}_{22} & \dots & \otimes \hat{x}_{2m} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \otimes \hat{x}_{n1} & \otimes \hat{x}_{n2} & \dots & \otimes \hat{x}_{nm} \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} [\hat{w}_{11}; \hat{b}_{11}] & [\hat{w}_{12}; \hat{b}_{12}] & \dots & [\hat{w}_{1m}; \hat{b}_{1m}] \\ [\hat{w}_{21}; \hat{b}_{21}] & [\hat{w}_{22}; \hat{b}_{22}] & \dots & [\hat{w}_{2m}; \hat{b}_{2m}] \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ [\hat{w}_{n1}; \hat{b}_{n1}] & [\hat{w}_{n2}; \hat{b}_{n1}] & \dots & [\hat{w}_{nm}; \hat{b}_{nm}] \end{bmatrix}; \end{aligned} \quad (2.25)$$

5. Sumuojamos kiekvienos alternatyvos sprendimų priėmimo matricos reikšmės, kurių optimumas yra maksimumas P_j pagal (2.26) formulę:

$$P_j = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k (\hat{w}_{ij} + \hat{b}_{ij}). \quad (2.26)$$

6. Sumuojamos sprendimų priėmimo matricos reikšmės kiekvienai alternatyvai, kurių optimizavimo kryptis – minimumas R_j :

$$R_j = \frac{1}{2} \sum_{i=k+1}^m (\hat{w}_{ij} + \hat{b}_{ij}); \quad i = \bar{k}, \bar{m}, \quad (2.27)$$

$(m - k)$ – rodiklių skaičius, kuris yra minimumo krypties.

7. Randama mažiausioji R_j reikšmė:

$$R_{\min} = \min_j R_j; \quad j = \bar{j}, \bar{m}. \quad (2.28)$$

8. Skaičiuojamas kiekvienos alternatyvos santykinis reikšmingumas Q_j :

$$Q_j = P_j + \frac{\sum_{j=1}^n R_j}{R_j \sum_{j=1}^n \frac{1}{R_j}}. \quad (2.29)$$

9. Nustatomas optimalumo rodiklis K :

$$K = \max_j Q_j; \quad j = \bar{1}, \bar{n}. \quad (2.30)$$

10. Apskaičiuojamas kiekvienos alternatyvos naudingumo laipsnis:

$$N_j = \frac{Q_j}{Q_{\max}} 100 \% , \quad (2.31)$$

čia Q_j ir $Q_{\max}$ – kiekvienos alternatyvos santykinis reikšmingumas.

11. Pagal apskaičiuotą kiekvienos alternatyvos naudingumo laipsnio reikšmę sudaroma vertinamų alternatyvų prioriteto eilutė.

2.2.6. Daugiatikslio vertinimo metodas SAW

MacCrimon (1968) sukūrė SAW (*Simple Additive Weighting*) metodą, leidžiantį įvertinti skirtingas dimensijas turinčius rodiklius. Šis metodas buvo taikomas daugiatiksliam vertinimui skirtingose srityse (MacCrimon 1968; Ginevičius *et al.* 2008a,b; Jakimavicius, Burinskiene 2009, Tupėnaitė *et al.* 2010; Medickienė, Björk 2011).

Uždavinys taikant šį metodą sprendžiamas taip:

1. Sprendinių priėmimo matricos normalizavimas:

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\max a_j} . \quad (2.32)$$

$$x_{ij} = \frac{\min a_j}{a_{ij}} . \quad (2.33)$$

Taikant (2.32) formulę normalizuojami maksimizuojamieji rodikliai, taikant formulę (2.33) normalizuojami minimizuojami rodikliai:

2. Kiekvienas normalizuotos matricos narys dauginamas iš jo reikšmingumo ir susumuojamas su kitais nariais.

$$S_{SAW} = \max_j \sum_{i=1}^n x_{ij} \times w_i, j = 1, 2, 3, \dots, m. \quad (2.34)$$

3. Parenkama geriausia alternatyva pagal uždavinio sąlygą.

2.2.7. Daugiatikslio vertinimo metodas SAW-G su rodiklių reikšmėmis, apibrėžtomis intervalu

SAW-G (*Simple Additive Weighting method with grey number*) metodas, leidžiantis įvertinti skirtingas dimensijas turinčius rodiklius, kai jų reikšmės iš-

reikštos intervalais. Šis metodas buvo taikomas daugiatisliam vertinimui skirtingose srityse (Zavadskas *et al.* 2010a, Medineckiene *et al.* 2010).

Uždavinys taikant šį metodą sprendžiamas taip:

1. Sudaroma sprendinių priėmimo matrica $\otimes X$. Atliekamas normalizavimas siekiant gauti lyginamuosius dydžius. Normalizuotos reikšmės yra skaičiuojamos taip:

$$\bar{w}_{ij} = \frac{w_{ij}}{\max_j w_{ij}}; \bar{b}_{ij} = \frac{b_{ij}}{\max_j w_{ij}}; \quad (2.35)$$

$$\bar{w}_{ij} = \frac{\min_j b_{ij}}{w_{ij}}; \bar{b}_{ij} = \frac{\min_j b_{ij}}{b_{ij}}. \quad (2.36)$$

Jeigu yra pageidautina minimali x_{ij} reikšmė:

$$\otimes \bar{X} = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{w}_{11}; \bar{b}_{11} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} \bar{w}_{12}; \bar{b}_{12} \end{bmatrix} & \dots & \begin{bmatrix} \bar{w}_{1m}; \bar{b}_{1m} \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} \bar{w}_{21}; \bar{b}_{21} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} \bar{w}_{22}; \bar{b}_{22} \end{bmatrix} & \dots & \begin{bmatrix} \bar{w}_{2m}; \bar{b}_{2m} \end{bmatrix} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \begin{bmatrix} \bar{w}_{n1}; \bar{b}_{n1} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} \bar{w}_{n2}; \bar{b}_{n1} \end{bmatrix} & \dots & \begin{bmatrix} \bar{w}_{nm}; \bar{b}_{nm} \end{bmatrix} \end{bmatrix}. \quad (2.37)$$

3. Nustatomi kriterijų rodiklių svoriai q_{ij} .

4. Pasverta – normalizuota sprendinių priėmimo matrica apskaičiuojama taikant šią formulę:

$$\otimes \hat{x}_{ij} = \otimes \bar{x}_{ij} \cdot q_j; \hat{w}_{ij} = \bar{w}_{ij} \cdot q_j; \hat{b}_{ij} = \bar{b}_{ij} \cdot q_j. \quad (2.38)$$

Formulėje, q_{ij} yra j rodiklio svoris.

5. Apskaičiuojamas kriterijaus L optimalumas, kuris apibrėžiamas kaip maksimali L_i reikšmė:

$$L_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m \frac{\bar{w}_j + \bar{b}_j}{2}. \quad (3.39)$$

6. Optimali alternatyva apibrėžiama kaip maksimali L_i reikšmė.

2.2.8. Lošimų teorija

Daugumoje praktinių situacijų sprendimų ieškoma neapibrėžtomis aplinkybėmis, kai tikslai yra neaiškūs, veikiant konkurentams ar priešininkams. Tokio mis sąlygomis gali būti pasirinkti geresni ar blogesni sprendimai, kuriuos tenka vertinti pagal vidutinį poveikį. Tačiau pasirinkti sprendimą rizikinga, nes niekada negali būti tiksliai apibrėžtos visos sąlygos.

Lošimo taisyklėse numatomi galimi kiekvieno lošėjo veiklos variantai, jiems prieinama informacija apie priešininko veiksmus ir lošimo rezultatus, gaunamus naudojant po vieną kiekvieno lošėjo variantą. Lošimų teorijos tikslas – rekomenduoti kiekvienam dalyviui optimaliąją strategiją, užtikrinančią maksimalų vidutinį išlošį, kartojant lošimą daug kartų.

Laplace'o taisyklė. Be kriterijų, kuriems nereikia tikimybių, buvo sukurti ir tokie, kai turi būti žinomos priešininko strategijų tikimybės. Paprasčiausias atvejis – Laplace'o taisyklė, pagal kurią visų priešininko strategijų tikimybės yra vienodos.

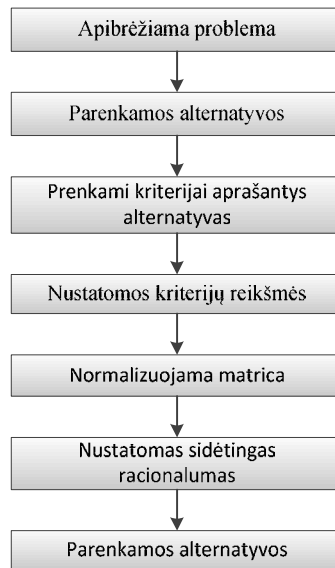
Parenkama eilutė, kurios suma yra didžiausia (Zavadskas *et al.* 2004):

$$S_1^* = \left\{ S_{1i} \mid S_{1i} \in S_1 \cap \left\{ S_{1i0} \mid \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij} = \max_i \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij} \right) \right\} \right\}. \quad (2.40)$$

Formulėje (2.40) nesvarbu, ar atsižvelgiama į koeficientą $\frac{1}{n}$, ar ne. Jeigu yra toks koeficientas, priimant sprendimą galima į jį atsižvelgti.

2.2.9. Daugiatikslio vertinimo metodas MOORA

Daugiatikslio vertinimo metodas MOORA (Multi-Objective Optimization by Ration Analysis) (Brauers, Zavadskas 2006) buvo taikytas įvairiuose darbuose (Brauers 2013; Zavadskas *et al.* 2013), norint palyginti tarpusavyje galimas alternatyvas. MOORA metodo taikymo etapai pateikiami 2.6 paveiksle.



2.6 pav. MOORA metodo etapai (Kalibatas and Turskis 2008)

Fig. 2.6. MOORA method stages (Kalibatas and Turskis 2008)

Taikant šį metodą uždavinys sprendžiamas taip:

1. Matavimų rezultatai skirtingų dimensijų buvo normalizuoti ir paversti bedimensiais dydžiais taikant formulę:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m x_{ij}^2}}, \quad i = \overline{1, n}; \quad j = \overline{1, m}; \quad \bar{x}_{ij} \in [0; 1]. \quad (2.41)$$

Racionaliausia alternatyva gali būti randama taikant šią formulę:

$$K = \max_j k_j = \max_j \left(\sum_{i=1}^g \bar{x}_{ij} - \sum_{i=g+1}^n \bar{x}_{ij} \right); \quad i = \overline{1, n}; \quad j = \overline{1, m}; \quad (2.42)$$

čia m – alternatyvų skaičius, n – kriterijų skaičius, g – maksimizuojamų kriterijų skaičius $\bar{x}_{ij}$ yra normalizuoti ir paversti bedimensiais dydžiais.

2. Alternatyvų parinkimas paremtas principu, kad racionaliausia alternatyva turi didžiausią k_j reikšmę, tuo tarpu blogiausia alternatyva turi mažiausią k_j reikšmę.

2.2.10. Daugiatikslio vertinimo metodas MULTIMOORA

Daugiatikslio vertinimo metodas MULTIMOORA (MOORA plus Full Multiplicative Form) (Brauers, Zavadskas 2010) buvo taikytas įvairiuose darbuose (Brauers *et al.* 2013; Kildienė 2013).

Uždavinys taikant šį metodą sprendžiamas taip:

1. Kriterijų sistema sudaryta iš alternatyvų pirminių duomenų yra normalizuojama, taikant šią formulę:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m x_{ij}^2}}. \quad (2.43)$$

2. Atliekant optimizaciją, šios reikšmės įtraukiamos maksimizacijos ir atmetamos minimizacijos atveju:

$$y_j^* = \left(\sum_{i=1}^g x_{ij} - \sum_{i=g+1}^n x_{ij} \right); \quad (2.44)$$

čia $i=1, 2, \dots, g$ kai kriterijai yra maksimizuojami; $i = g + 1, g + 2, \dots, n$ kai dydžiai yra minimizuojami; $\bar{y}_j$ yra normalizuotos alternatyvos j parinkimas atsižvelgiant visus kriterijus. Gautos $\bar{y}_j$ reikšmės parodo galutinę prioritetų tvarką.

3. MOORA atskaitos taškas. Duotas bedimensinis dydis $\bar{x}_{ij}$ išreiškia normalizuotą alternatyvos j atsaką į objektą i , kuris pateikiamas formulėje (2.25), naudojamas sudarant matricą:

$$(r_i - \bar{x}_{ij}); \quad (2.45)$$

čia $i=1, 2, \dots, n$ kaip kriterijai; $j=1, 2, \dots, m$ kaip alternatyvos; r_i – i -oji koordinatė nuo atskaitos taško; $\bar{x}_{ij}$ – normalizuotas atributas i alternatyvos j .

Ši matrica dalis min- maks. junginio:

$$\min_{(j)} \{ \max_i |r_i - x_{ij}^*| \}; \quad (2.46)$$

čia: $|r_i - \overline{x_{ij}}|$ yra absoliuti reikšmė, jeigu $\overline{x_{ij}}$ yra didesnis negu r_i pavyzdžiui minimizuojant.

Pilna dauginamoji forma daugiakriterijiniam vertinimui. Naudingumo funkcija apima atributų sandaugą. Dviejų dimensių $u(y, z)$ gali būti išreikšta kaip daugialininė naudingumo funkcija.

$$u(y, z) = k_y u_y(y) + k_z u_z(z) + k_{yz} u_y(y) u_z(z). \quad (2.47)$$

Bendra funkcijos naudingumo išraiška gaunama taikant šią formulę:

$$U_j = \prod_{i=1}^n x_{ij}; \quad (2.48)$$

čia $j = 1, 2, \dots, m$; m – alternatyvų skaičius; $i = 1, 2, \dots, n$; n – kriterijų skaičius; $\overline{x_{ij}}$ priklausomybė tarp alternatyvų skaičiaus j ir kriterijų i ; U_j – bendras naudingumas alternatyvos j .

Naudingumas alternatyvos j su maksimizuojamais ir minimizuojamais rodikliais:

$$U'_j = \frac{A_j}{B_j}; \quad (2.49)$$

Skaičius alternatyvų, kurios turi būti maksimizuojamos.

$$A_j = \prod_{g=1}^i x_{gj}; \quad (2.50)$$

Skaičius alternatyvų, kurios turi būti minimizuojamos.

$$B_j = \prod_{k=i+1}^n x_{kj}; \quad (2.51)$$

Parenkama racionaliausia alternatyva atsižvelgiant į gautus skaičiavimų rezultatus.

2.3. Antrojo skyriaus išvados

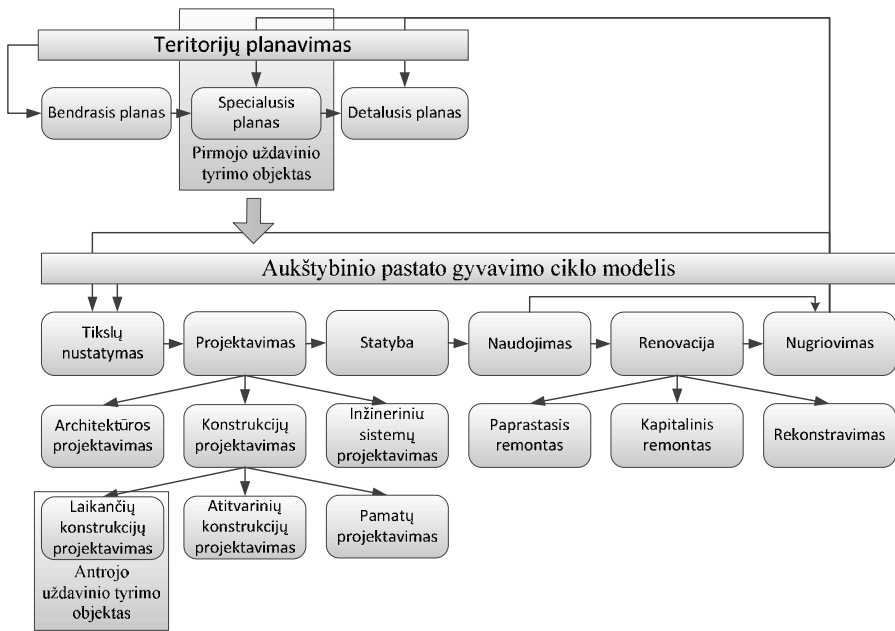
1. Sudarytas daugiapakopis kompleksinis vertinimo modelis, paremtas skirtingais vertinimo metodais. Taikant kompleksinio vertinimo modelį bus sprendžiami įvairaus sudėtingumo projektinių sprendinių vertinimo ir parinkimo uždaviniai, kur vertinamų alternatyvų rodikliai aprašyti kiekybine ir kokybine informacija. Priklausomai nuo uždavinio sudėtingumo sudarytas kompleksinio vertinimo modelis gali turėti skirtingą pakopų skaičių.

2. Pastato projektinių sprendinių vertinimui taikomos iš anksto sudarytos rodiklių sistemos, apimančios makro-, mezo-, mikro, aplinkos veiksnius, suinteresuotų grupių poreikius ir darnos principus. Keliami uždaviniai bus aprašomi kiekybiniais ir kokybiniais rodikliais.

3. Parenkant teritorijų planavimo ir pastato projektinius sprendinius bus remiamasi skirtingais vertinimo metodais: SWOT, SAW, lošimų teorija, MOORA, MULTIMOORA, COPRAS-G, „TOPSIS grey“ ir SAW-G, kurie leidžia parinkti racionaliausius sprendinius iš galimų alternatyvų.

Aukštybinių pastatų projektinių sprendinių vertinimas

Šiame skyriuje aprašomas daugiatakslių vertinimo metodų taikymas, sprendžiant teritorijų planavimo ir pastato projektavimo uždavinius (3.1 pav.). Aukštybinių pastatų statybos vieta miesto specialiajame plane pagrįsta SSGG analize, ekspertinio vertinimo (Kendall 1971), paprastuoju suminiu svėrimu (SAW), disktečiaisiais matriciniais lošimų teorijos, santykinio dydžių analizės optimizacijos (MOORA) ir (MULTIMOORA) metodais. Tai gali būti sprendžiama rengiant teritorijų planą, jame numatant tinkamiausias aukštybinių pastatų vietas. Kitas šiame skyriuje nagrinėjamas uždavinys – administracinių aukštybinių pastatų konstrukcinės sistemos parinkimo, remiantis darnos principais, pirminiame konstrukcinės sistemos projektavimo etape uždavinys. Šiam tikslui pasiekti taikomi ekspertinio vertinimo, COPRAS-G, „TOPSIS grey“ ir SAW-G metodai. Skyriuje pateiktos medžiagos pagrindu buvo paskelbos šios publikacijos mokslo žurnaluose ir konferencijų medžiagoje (Tamošaitienė, Gaudutis 2012; Tamošaitienė et al. 2013).



3.1 pav. Praktinių uždavinių tyrimų objektai

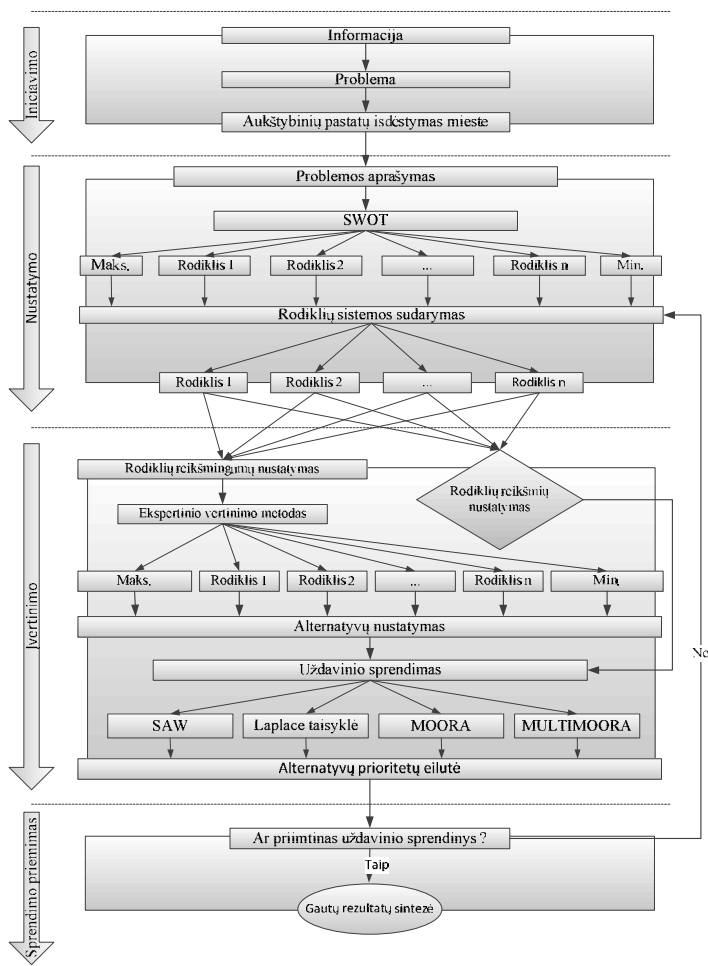
Fig. 3.1. Researches objects of practical tasks

3.1. Aukštybinių pastatų vietos mieste parinkimas

Aukštybinių pastatų poveikis miestų siluetais tampa vis akivaizdesnis, įgyvendinus pavienius reikšmingus projektus, turinčius įtaką vizualiniam miesto identitetui. Jų skaičius šiuolaikiniuose didmiesčiuose svyruoja priklausomai nuo miesto politinio, ekonominio ir kultūrinio lygio (Alistratovaitė 2005). Naujieji didelio aukštingumo pastatai negali paklusti visumai, taip pat istorinėje aplinkoje jie negali išlikti neutralūs, nepastebimi, ko neretai autoriai siekia projektuodami naujus pastatus istorinėje aplinkoje. Valdžios institucijos ne visuomet sėkmingai reguliuoja urbanistinius procesus. Aukštybin statyba įneša pokyčius į urbanistinių struktūrų kompoziciją, išryškina plėtros problematiką. Per dešimtmečius Europoje susiklostė skirtingi miestų aukštybiniais pastatais užstatymo būdai, kurie įtvirtinami rengiant aukštybinių pastatų išdėstymo miestuose specialiuosius planus. Tokiu būdu siekiama išsaugoti vertingus vizualinio identiteto elementus – siluetą ir panoramas – svarbiausius sudedamuosius miesto kultūrinio tapatumo ženklus, užtikrinti tinkamą.

3.1.1. Daugiapakopis kompleksinis vertinimo modelis

Dauguma teritorijų planavimo ir daugiatakslio sprendimų priėmimo uždavinių yra daugiapakopiai. Daugiapakopio kompleksinio vertinimo modelio žingsniai pateikiami 3.2 paveiksle.



3.2 pav. Aukštybinių pastatų išdėstymo vietos ir būdo parinkimas Vilniaus mieste algoritmas, taikant kompleksinio vertinimo modelį

Fig. 3.2. High-rise building assessment algorithm by applying complex assessment model

Remiantis literatūros šaltinių analize suformuluojama aukštybinių pastatų išdėstymo miesto urbanistinėje struktūroje problema. Apibrėžiami uždavinio tikslai – rasti geriausius išdėstymo būdus, kurie galėtų būti taikomi plėtojant aukštybinę statybą Vilniaus mieste. Sudaromos aukštybinių pastatų išdėstymo urbanistinėje miesto struktūroje alternatyvos, kurios nagrinėjamos SS GG metodu. Pirmiausia apsvarstomi ir išrenkami svarbiausi rodikliai, atitinkantieji užsibrėžtus tikslus. Kuo daugiau pasirenkama reikšmingų rodiklių, tuo daugiau informacijos ir tikslesnių rezultatų galima gauti. Konsultuojantis su ekspertais parinkti svarbiausi rodikliai, turintys didžiausią įtaką aukštybinių pastatų išdėstymui urbanistinėje miesto struktūroje. Pasirinkti rodikliai neturi aiškiai apibrėžtos ekonominės reikšmės sprendinių priėmimo procese, tačiau leidžia įvertinti informaciją, išreikštą leksikografinė forma, ir paversti ją skaitinėmis reikšmėmis. Nustatant kokybinių rodiklių reikšmingumus taikomas ekspertinio vertinimo metodas. Taikant šį metodą sprendimą priimančiam asmuo įvertinimo etapu pareiškia savo nuomonę dėl atitinkamų rodiklių svarbos. Šiame uždavinyje rodiklių reikšmingumas nustatomas taikant ekspertinio vertinimo metodą, rodiklių svarba kiekvieno modelio atveju įvertinama balais. Taikant SAW, Lošimų teoriją, MOORA ir MULTIMOORA metodus nustatoma prioritetų eilutė nuo geriausio iki blogiausio sprendinio. Išsprendus uždavinį tikrinama, ar gautas rezultatas teisingas. Sprendžiant uždavinį keliais daugiatislo vertinimo metodais, atliekamas gautų rezultatų apibendrinimas.

3.1.2. Aukštybinių pastatų vietos ir išdėstymo būdo Vilniaus mieste parinkimas

Aukštybiniai pastatai išsiskiria savo dydžiu ir dažnai tampa neatsiejamais šiuolaikinių didmiesčių verslo rajonų akcentais (Helsleya, Strangeb 2008). Lietuvai atgavus nepriklausomybę XX a. paskutiniame dešimtmetyje, augant šalies ekonomikai, prasidėjo aukštybinių pastatų statyba centrinėje Vilniaus miesto dalyje, dešiniajame Neries krante. Naujų pastatų statybai didelę įtaką padarė politiniai sprendimai, taip pat privačių investuotojų veikla. Problemos, susijusios su aukštybine statyba, kurios anksčiau buvo charakteringos kitiems Europos miestams tampa aktualios mūsų šalyje. Aukštybinių pastatų išdėstymo ypatumai turi tiesioginę įtaką vizualiniam miesto tapatumui dėl jos galimo poveikio susiklosčiusiems panoraminiam vaizdams, miesto siluetai, lokalinių erdvių įvaizdžio formavimui. Pastatai ženklina naują istorinių Europos miestų raidos etapą (Avraham 2004). Aukštybinių pastatų išdėstymo urbanistinėje miesto struktūroje išlieka aktualiu klausimu rinkos ekonomikos sąlygomis, kai sudaromos galimybės privatiems investuotojams dalyvauti miesto plėtros procese. Per ilgą laiką tarpą susiformavo skirtingi aukštybinių pastatų išdėstymo miesto urbanistinėje struktūroje modeliai, kurių atsiradimą paskatino skirtingos miestų vystymosi

tendencijos, socialinės ir ekonominės sąlygos. Akivaizdu, kad nėra vienintelio universalios aukštybinių pastatų išdėstymo modelio, kiekvienu atveju jis turi būti parenkamas vadovaujantis ne tik estetiniais aspektais, bet ir įvertinant investicinį naujų objektų patrauklumą. Europos miestuose taikoma patirtis negali būti aklaiai taikoma Vilniuje dėl skirtingos urbanistinės struktūros ir vystymosi sąlygų. Uždavinio tikslas – įvertinti galimus aukštybinių pastatų išdėstymo būdus urbanistinėje miesto struktūroje, remiantis Europos miestų patirtimi, parinkti geriausius sprendinius Vilniaus miestui, kurie leistų ateityje išvengti neigiamų aukštybinės statybos padarinių, sudarytų patrauklias sąlygas investuotojams. Tai leidžia sudaryti geriausias sąlygas ekonominiam potencialui, leidžia išsaugoti vertingą miesto morfotipą ir centrinės miesto dalies siluetą, kuris išlieka prioritetu planuojant centrinę miesto dalį. Parenkant aukštybinių pastatų išdėstymą ir vietą, taikomi teritorijų planavimo darnos principai. Darni teritorijų planavimo plėtros koncepcija reikalauja sumažinti aplinką teršiančių veiksnių poveikį, padidinti aplinkos vertę, pagerinti žmogaus komforto sąlygas vietovėje, padidinti miesto ir atskirų jo rajonų investicinį patrauklumą.

3.1.3. Aukštybinių pastatų išdėstymo ir vietų alternatyvų sudarymas

Miestų centruose yra labai mažai laisvos vietos, žemės sklypo kaina ir nekilnojamojo turto kaina yra didelė. Todėl aukštybiniai pastatai pirmiausia atsirado kaip pelninga investicija į nekilnojamąjį turtą, tačiau daugiau kaip per šimtmetį jie tapo simboliais, pakeitusiais šiuolaikinių didmiesčių veidą. Aukštybinės statybos poveikis šiuolaikinių miestų siluetams tampa akivaizdesnis įgyvendinus atskirus, reikšmingus vizualiniam miesto identitetui projektus. Europietiškoje praktikoje taikomi skirtingi aukštybinių pastatų išdėstymo modeliai. Naujų didelio mastelio objektų atsiradimas gali padėti kokybines sustiprinti miesto įvaizdžio charakteristikas, atverti kelią miesto, regiono ekonomikos ir socialinės bei kultūrinės infrastruktūros plėtrai. Nėra universalių aukštybinių pastatų išdėstymo būdų, kiekvienu atveju tai sprendžiama individualiai atsižvelgiant į miesto urbanistinę struktūrą. Kiekvienas atsiranda įvertinant socialines ir ekonomines sąlygas, per šimtmečius susiformavusią miestų struktūrą, savivaldos institucijų teikiamus prioritetus ir miesto vystymosi viziją. Aukštybinių pastatų vietos ir išdėstymo būdo parinkimą lemia skirtingų suinteresuotų grupių poreikiai, tokių kaip miesto administracija, projektuotojai, verslo atstovai ir kt. Modeliai sudaryti remiantis ankstesne aukštybinių pastatų išdėstymo klasifikavimo patirtimi pateikiama skirtinguose darbuose (Daunora *et al.* 2004; Ikonikov, Stepanov 1963; Ikonikov 1972), kurią šiame etape autorius labiau detalizuoja. Remiantis šiuo dien egzistuojančia Europos miestų patirtimi autorius išskiria šiuos aukštybinių pastatų išdėstymo modelius:

Taškinis aukštybinių pastatų išdėstymas. Taškinis aukštybinių pastatų išdėstymas miesto gali būti numatomas skirtingose miesto vietose ir taikomas kai aukštybinė statyba nėra intensyviai vystoma. Toks aukštybinių pastatų išdėstymas leidžia pabrėžti miesto centrą, suteikti teritorijos užstatymui įvairovę. Galima išskirti šias dažniausiai praktikoje pasitaikančias pavienių aukštybinių pastatų išdėstymo vietas:

Pavieniai aukštybiniai pastatai šalia miesto istorinio centro. Pavieniai aukštybiniai pastatai Europos miestuose pasirodė dar XX a. pradžioje. Tai galima motyvuoti tuo, kad nebuvo pakankamas veiksnų, galinčių intensyviai stimuliuoti šių pastatų raidą Europoje, poveikis, todėl apsiribota tik pavienių aukštybinių pastatų išdėstymu miesto plane. Vienas pirmųjų pavienių aukštybinių pastatų išdėstymo koncepcijų Europos miestuose yra Ludwigo Hilbersheimerio projektas „Vertikalus miestas“, kuris eskizų pavidalu buvo išleistas 1924 m. Tai buvo ne tik idealaus miesto paieška, bet kartu realus miesto centrinės dalies pertvarkymo pasiūlymas. Šiandien naujų pastatų atsiradimui didelę įtaką turi politiniai sprendimai, efektyvi privačių investuotojų veikla. Tačiau didėjantis pastatų aukštingumas ir ypač naujo tipo statinių atsiradimas sukelia realų pavojų jau susiformavusiam miestovaizdžiui, kuris gali iš esmės pasikeisti per labai trumpą laiką. Šiems pastatams pradėta skirti daugiau dėmesio, nes jie matomi iš tolimų taškų ir dažnai tampa orientyrais, formuojančiais ne tik lokalias erdves, bet ir panorامينius miestų vaizdus (Daunora *et al.* 2004). Didelis skaičius pavienių aukštybinių pastatų įneša tam tikrą chaotiškumą į miesto urbanistinę struktūrą.

Pavieniai aukštybiniai pastatai ties svarbiais transporto mazgais. Mastelis išlieka svarbiu veiksniu, leidžiančiu architektūrinius tūrius padaryti kompozicijos dalimi, kartu būtų kaip kontrasto priemonė, suteikianti išraiškingumo. Didelio aukštingumo pastatai sudarė naują aukštybinių dominančių ir su jais susijusių elementų sistemą, kurios idėja nebuvo visiškai nauja. El Lissitski pasiūlyta horizontalaus dangoraižio idėja ir aštuonių tokių pastatų kaip dominančių išsidėstymo schema ties radialinių gatvių sankirtomis Maskvoje (Eisele, Kloft, 2003) (C priedas, C6 pav. e, f). Tokia aukštybinių pastatų išdėstymo schema įgyvendinta vėliau papildant miesto generalinį planą aukštybinių pastatų išdėstymo schema, kartu įgavo politizuotą išraišką. Išskirtinių urbanistinių kompozicijų sukūrimas tapo politinių lyderių ambicijų rezultatu. Dažniausiai skirtinguose literatūros šaltiniuose nagrinėjamu tokio aukštybinių pastatų išdėstymo pavyzdžiu išlieka Maskvos miesto suplanavimas. Žiedinė miesto plano struktūra lėmė tokią aukštybinių pastatų išdėstymo tvarką, kuri iš esmės skyrėsi nuo Šiaurės Amerikos miestams būdingos miesto struktūros. Pagrindinis miesto rekonstrukcijos, parremtos absoliutaus centro ideologija, uždavinys – transformuoti miestą į pirmąją pasaulyje socializmo sostinę. Jis tapo pavyzdžiu socialistinių miestų plėtrai, pasiūlydamas kompaktiško miesto idėją.

Pavieniai aukštybiniai pastatai išdėstyti kaip dominantės miesgamuosiuose rajonuose, esančiuose miesto periferijoje. Atsižvelgiant į išskirtinę Europos didmiesčių situaciją, miestų planuotojai daugeliu atvejų nusprendžia užstatyti miestų pakraščius, tokiu būdu išsaugant istoriškai susiformavusį siluetą. Masinė statyba padarė nemažą žalą kompozicinei miesto sistemai, lėmė atskirų miestų rajonų tarpusavio supanašėjimą. Gyvenamieji masyvai šiuolaikinio miesto panoramoje tampa nauja erdve vertikaliesiems akcentams išdėstyti (C priedas, 6 pav. h, i). Projektuojant gyvenamuosius kompleksus rytų bloko šalyse daug dėmesio buvo telkiama į ekonominius ir techninius aspektus, tačiau didėjant statybos tempams, architektūrinė gyvenamųjų kompleksų išraiška tampa monotoniška, ji netenka savo individualumo, kuris išliko svarbiu architektūros bruožu. Ne tik išskirtiniai objektai, statomi pagal individualius projektus, bet ir nauji miestų rajonai reprezentuoja santvarkos klestėjimą ir žmonių gerovę, nauji vaizdiniai netrukus realizuojami miestų statyboje. Tačiau neretai simetriškas šių pastatų išdėstymas patraukliai atrodė tik brėžiniuose. Tai lėmė didelis gyvenamojo ploto poreikis, kurį bandoma spręsti valstybės užstatymu statant daugiabučių gyvenamųjų namų masyvus, kurie išdėstomi aplink aptarnavimo įstaigų ir įmonių tinklą, atsižvelgiant į lankymo dažnį. Aukštybinis pastatas siejamas su ekstensyviu teritorijos įsisavinimu, kurios didžiausia vertybė – erdvė. Jos netekimą šiandien suvokiame kaip savaime suprantamą reiškinį. Tokiu atveju aukštybiniai gyvenamieji pastatai kontrasto principu naudojami siekiant pagyvinti atskirų miesto dalių siluetus. Tokiu atveju aukštybiniai pastatai statomi kontrasto principu, siekiant pagyvinti gyvenamojo rajono siluetą.

Linijinis aukštybinių pastatų išdėstymas. Linijinis aukštybinių pastatų išdėstymas su meniniai teritorijos suplanavimo aspektais, tačiau tuo pačiu tapo priemone leidžiančia sumažinti išlaidas susijusias su transporto ir inžinerinės infrastruktūros išlaidomis vystant aukštybiniai statybai skirtą teritoriją. Linijinis aukštybinių pastatų išdėstymo modelis realizuojamas išdėstant pastatus pagal automagistrales, kertančias miestą. Judėjimas erdvėje įneša ketvirtą matmenį – kompozicijos tęstinumą laike. Miesto kompozicijos suvokimas judėjimo metu padaro labai svarbias susisiekimo komunikacijas, kurios dalyvauja formuojant miesto įvaizdį ir išryškinant estetines jo savybes (Ikonikov, Stepanov 1963; Ikonikov 1972; Al-Kodmany 2011a) (C priedas, C6 pav. a, b).

Koncentruotas aukštybinių pastatų išdėstymas. Koncentruotas, kuris pradėtas susiformavo natūraliai augant pastatų aukštingumui Šiaurės Amerikos miestuose. Galima išskirti šiuos pagrindinius aukštybinių pastatų išdėstymo vietas taikomas pasaulinėje praktikoje:

Koncentruotas aukštybinių pastatų išdėstymas istoriniame miesto centre. Aukštybinių pastatų atsiradimą centrinėse miesto vietose paskatino nekilnojamojo turto kainų augimas, kurį intensyviai stimuliuojo spekuliacija nekilnojamojo turtu. Užstatymas aukštybiniais pastatais lokalizuojamas tam tikroje verslui skir-

toje teritorijoje, atsisakant didelio aukštingumo objektams būdingos dispersijos. Tokiu atveju kiekvienas naujas pastatas papildo esamą užstatymą, nekeisdamas susiformavusių užstatymo ypatumų. Nors dangoraižiai buvo laikomi autentiška amerikietiškosios architektūros ekspresija, tačiau minėtu atveju buvo mąstoma apie galimybę nesunkiai ją adaptuoti senajame žemyne, atmetant įprastą šiuolaikiniam Europos miestui būdingą struktūrą. Tačiau koncentruotą miesto centro užstatymo aukštybiniais pastatais modelį, pasižymintį aiškiu gatvių tinklu, būdingu augantiems JAV miestams, buvo sudėtinga pritaikyti Europoje. Formuodami urbanistines struktūras ar atskirus objektus, architektai kartu kuria pagrindą įspūdžiui, kurį žmonės susidaro apie konkrečią vietovę. Meniniai aspektai iš tikrųjų egzistavo tik koncepcijose, tačiau realybėje jis įgavo utilitarinio pobūdžio atspalvius. XX a. pradžioje atsiranda poreikis rekonstruoti Berlyną, pertvarkant transporto infrastruktūrą centrinėje miesto dalyje, sujungiant rytinę ir vakarinę dalis (Eisele *et al.* 2003). Nepaisant kai kurių originalių ir praktikoje taikomų sprendinių, minėtas projektas jau nuo pačios pradžios buvo pasmerktas, nes visa nuosavybė buvo privačiose rankose. Minėta aplinkybė šiandien taip pat apsunkina daugelio miesto planų įgyvendinimą, radikalūs didesnio mastelio pokyčiai neretai tampa neįmanomi. XX a. paskutiniais dešimtmečiais miestų planavimo praktikos dėmesio centre atsidūrė verslo atstovus turintys pritraukti objektai. Vakarų Europoje miestų planavimas tampa vis labiau orientuotas į rinką, tačiau privatūs interesai ne visada suderinami su miesto bendruomenės interesais. Europos miestų atstatymas pokario metais negrįžtamai pakeitė architektūrinį veidą, todėl autentiškai atkuriami tik tam tikri jo fragmentai. Tokių aukštybinių pastatų išdėstymo modelį galima pagrįstai laikyti racionaliu, priešingu atveju šis pastatų kompleksas būtų nesuderinamas su istorinių miestų masteliais ir užgožtų istorinį jo siluetą ir landšaftą. Verslas lėmė antropogeninės miesto struktūros kaitos ypatumus, atsiradę didelio mastelio pastatai tampa miestus reprezentuojančiu vaizdiniu, pagal kuriuos miestai išskiriami iš kitų. Akivaizdu, kad aukštybinių pastatų išdėstymas miesto centre išliko patrauklus nepaisant bandymų ieškoti alternatyvių sprendimų. Pagrindinis veiksnys, intensyviai stimuliuojantis šį procesą, yra geresnės verslo sąlygos. Ilgus šimtmečius žmogaus rankomis sukurti artefaktai neleidžia plėtoti infrastruktūros, kuri būtina vystant aukštybinę statybą ir didėjant užstatymo intensyvumui miesto centre. Nors šalia esantis istoriškai susiklostęs siluetas yra labai vertingas, tačiau miesto valdžia, bijodama netekti investuotojų, daro kompromisus, sudarydama kuo geresnes sąlygas plėtoti verslą, kartu leisdamą aukštybinę statybą plėtoti miesto centre.

Koncentruotas aukštybinių pastatų išdėstymas miesto periferijoje. Verslo rajonas įkuriamas siekiant nukreipti miesto plėtrą nuo istorinio miesto centro, vystyti mažiau patrauklius miesto rajonus, pritaikyti juos naujiems poreikiams. Akivaizdu, kad verslas negali būti vystomas užmiestyje, todėl, siekiant išspręsti kylančias plėtros problemas, miesto verslo centras atskiriamas nuo istorinio.

Aukštybinių pastatų išdėstymas miesto centre liko patrauklus, nepaisant bandymų atrasti alternatyvių sprendimų. Verslo rajonas miesto periferijoje įkuriamas, siekiant nukreipti miesto plėtrą nuo istorinio miesto centro, vystyti mažiau patrauklius miesto rajonus pritaikant naujiems poreikiams. Pagrindiniai veiksniai, lemiantys sėkmingą alternatyvios vietos parinkimą, yra alternatyvos nebuvimas, atitiktis verslo poreikiams, prestižas. Atsiradusi galimybė pasirinkti alternatyvų variantą, pasižymintį geresnėmis verslui plėtoti siūlomomis galimybėmis, kaip parodė praktika, stabdo naujų verslo rajonų augimą. Jų iškėlimas iš istorinio miesto centro gali būti neveiksmingas. Vienas dažniausiai nagrinėjamų pavyzdžių – La Defense verslo rajonas Paryžiaus miesto pakraštyje.

Koncentruotas aukštybinių pastatų išdėstymas vietoje senų, savo tikslinę paskirtį praradusių industrinių rajonų. Vienu akivaizdžiausių pokyčių miesto struktūroje, kurį sukėlė ekonomikos struktūros ir gyventojų poreikių pokyčiai, galima laikyti senųjų pramoninių rajonų įsisavinimą, charakteringą Europos didmiesčiams. Šis procesas neišvengiamas ir tuomet, kai vyraujantis užstatymas neatitinka teritorijos statuso mieste (Daunora *et al.* 2004). Europos istorinių miestų konversija aukštybinę statybą numato mažiau patraukliuose, savo tikslinę paskirtį praradusiuose gamybiniuose miesto rajonuose. XX a. pabaigoje investuotojų spaudimas leido pradėti Canary Wharf užstatymą Londono dokų teritorijoje, kurio negalima suvokti tiesiog kaip bandymą patenkinti investuotojų poreikius. Tačiau didžiausia problema ta, kad ne visi nauji rajonai, nepaisant vadžios institucijų skiriamo dėmesio, gali prilygti seniesiems verslo centrams. Mažiau patrauklių teritorijų konversija dar nereikia sėkmingo aukštybinių pastatų išdėstymo problemos sprendimo būdo, esant alternatyvai ir nepakankamoms sąlygoms verslui plėtoti. Užtarnautas geras verslo rajonų vardas suteikia reziduojančioms tarptautinėms ir vietinėms kompanijoms tam tikrą įvaizdį. Tampa akivaizdu, kad naujieji dirbtinai sukurti ir į urbanistinę struktūrą įterpti verslo rajonai ne visada gali pasiūlyti alternatyvių galimybių plėtoti verslą, palyginti su centrinėmis miesto dalimis. Akivaizdus pavyzdys yra „JP Morgan“ kompanijos grįžimas iš Canary Wharf į Londono Sitį. Šios teritorijos detalusis planas sudarė naujų jos vystymo galimybių, leidžiančių įvairiapusiškai plėtoti infrastruktūrą, kartu ir užstatymą aukštybiniais pastatais, atitinkančiais šiuolaikinius verslo poreikius. Vienas tokių pavyzdžių – Maskvos verslo centras (Pagonis, Thornley 2003). Vienas tokiu pavyzdžių – Maskvos verslo centras, kurio idėja paremta Šiaurės Amerikos miestams būdingu centruotu aukštybinių pastatų išdėstymo modeliu. Vienu svarbiausių naujo užstatymo pranašumų galima laikyti kompleksinę teritorijos suplanavimą. Pranašumas tas, kad tokiu atveju teritorija planuojama ir sprendiniai įgyvendinami kompleksškai, numatant reikiamo dydžio sklypus, reikalingus aukštybinei statybai, sprendžiant inžinerinius pastatų aprūpinimo klausimus, infrastruktūrą. Tokiu būdu išsprendžiamos problemos,

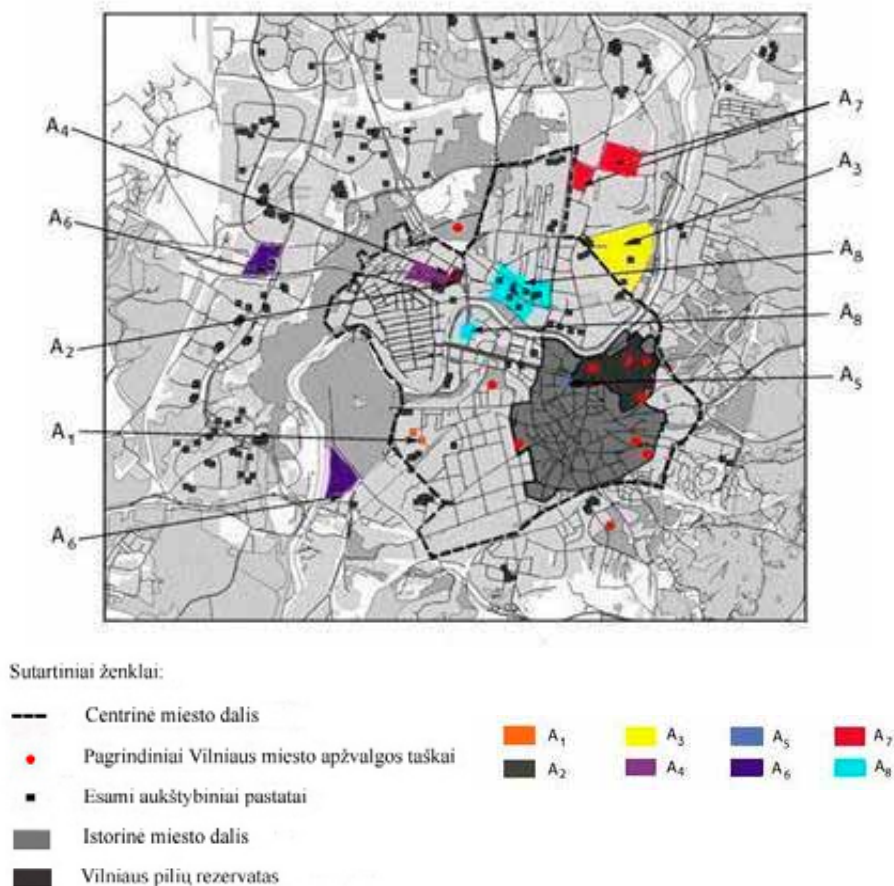
kylančios bandant vystyti aukštybinę statybą jau susiformavusioje antropogeninėje miesto struktūroje.

Koncentruotas aukštybinių pastatų išdėstymas šalia miesto istorinio centro. Aukštybinių pastatų išdėstymas miesto struktūroje išlieka apibrėžtas privačios nuosavybės ir miesto istorinio užstatymo ypatumų. Siekiant atskirti miesto istorinį centrą nuo šiuolaikinio, taikomas koncentruotas aukštybinių pastatų išdėstymo šalia miesto istorinio centro būdas, kuriam reikalinga laisva neužstatyta erdvė.

Remiantis atlikta analize, Europos miestuose susiformavę pagrindiniai aukštybinių pastatų išdėstymo miesto urbanistinėje struktūroje modeliai pateikiami 3.1 lentelėje. Šiandien daugybėje Europos miestų vienu metu egzistuoja vienas arba daugiau aukštybinių pastatų išdėstymo modelių. Galimos šių pastatų išdėstymo vietois pateikiamos 3.3 paveiksle.

3.1 lentelė Aukštybinių pastatų išdėstymo modeliai šiuolaikiniuose Europos miestuose
Table 3.1. High rise buildings layout models in modern European cities

Aukštybinių pastatų išdėstymo miesto urbanistinėje struktūroje modeliai			Miestas, šalis
Modelis	Vieta	Žymėjimas	
Taškinis	šalia miesto istorinio centro	A_1	Barselona (Ispanija)
	šalia svarbių transporto mazgų	A_2	Maskva (Rusija), Minskas (Baltarusija)
	miesgamuosiuose rajonuose, esančiuose miesto periferijoje	A_3	Maskva (Rusija)
Linijinis	miesto centrinėje dalyje šalia greitkelių	A_4	Maskva (Rusija) Frankfurtas (Vokietija)
Koncentruotas	istoriniame miesto centre	A_5	Londonas (Didžioji Britanija)
	miesto periferijoje	A_6	Paryžius (Prancūzija)
	vietoje senų, savo tikslinę paskirtį praradusių industrinių rajonų	A_7	Londonas (Didžioji Britanija), Maskva (Rusija)
	šalia miesto istorinio centro	A_8	Ryga (Latvija), Viena (Austrija), Talinas (Estija)



3.3 pav. Aukštybinių pastatų išdėstymo Vilniaus mieste būdai (Tamosaitienė et al. 2013)

Fig. 3.3. Models of high rise buildings location in Vilnius city (Tamosaitienė et al. 2013)

3.1.4. Rodiklių nustatymas pagal SSGG analizę

Pavieniai aukštybiniai pastatai šalia miesto istorinio centro. Klasikinėje architektūroje dominante laikomas objektas, iš aplinkos išsiskiriantis mase, aukščiu, silueto sudėtingumu (Daunora et al. 2004). Aukštybiniai pastatai dažniausiai yra kaip akcentai, siekiant pabrėžti didmiesčio centrą arba miesto struktūros ypatumus (Daunora et al. 2004; Ikonikov, Stepanov 1963; Ikonikov 1972).

Stiprybė – naujas pastatas iš esmės nekeičia esamo vertingo teritorijos morfotipo. Naujų stambių pavienių objektų atsiradimas centrinėje miesto dalyje, kurioms būdingos mažesnės erdvių ir pastatų proporcijos, leidžia išsaugoti dominuojantį morfotipą ir esamą miestovaizdžio įvairovę (Dixon 2010).

Silpnybė – ilgalaikės aukštybinių pastatų išdėstymo vizijos trūkumas. Aukštybinio pastato vieta ir išdėstymo būdas negali būti parenkamas be aiškos strategijos, kuri galėtų garantuoti kokybišką rezultatą. Nuo ilgalaikės aukštybinių pastatų išdėstymo vizijos priklauso urbanistinės miesto struktūros kaita, ilgalaikis miesto įvaizdis.

Galimybė – panaudoti transporto infrastruktūrą ir topografines vietovės savybes aukštybinių pastatų išdėstymo kompozicijai kurti. Topografinės miesto teritorijos savybės leidžia pabrėžti estetinius urbanistinio teritorijos suplanavimo principus, suteikti teritorijos užstatymui individualumą. Tai patvirtina „Gazprom“ pastatų komplekso Sankt Peterburge konkursui pateikti Londono RMJM Limited, Rem Koolhaas, Daniel Libenskind, Jean Nouvel ir kiti architektų darbai (C priedas, C6 pav. c, d).

Grėsmė – neigiamas vizualinis poveikis miesto istorinio centro siluetai. Nauji objektai gali turėti neigiamą poveikį miesto siluetai. Tokiu atveju svarbu ne tik pastato mastelis, bet ir kokybinė tūrinės-erdvinės kompozicijos išraiška.

Pavieniai aukštybiniai pastatai šalia svarbių transporto mazgų. Pastato mastelis išlieka svarbiu veiksniu, esančiu kontrasto priemone, suteikiančia išraiškingumo urbanistinei kompozicijai. Atskirais atvejais dominantės gali būti sujungiamos į sistemas.

Stiprybė – aukštybinių pastatų išdėstymas modelis susijęs su transporto infrastruktūros ypatumais. Estetinės aukštybinių pastatų išdėstymo modelio savybės tiesiogiai susijusios su transporto infrastruktūros ypatumais, darančiais tiesioginę įtaką estetinei urbanistinės kompozicijos kokybei (C priedas, C6 pav. g, b).

Silpnybė – dominančių sistemą sudėtinga įgyvendinti rinkos ekonomikos sąlygomis. Silueto formavimas – tai procesas, vykęs ištisus šimtmečius, jis nėra pavienio autoriaus kūrybos rezultatas. Rinkos ekonomikos sąlygomis neįmanoma pasiekti, kad urbanistinė miesto plėtra vyktų pagal miesto administracijos užsibrėžtą viziją (Daunora et al. 2004). Aukštybinių pastatų išdėstymas pirmiausia reiškia kompromisą tarp skirtingų suinteresuotų grupių, dalyvaujančių planavimo procese, ir skirtingų išorinių veiksnių įvertinimą, tokių ekonominę, politinę šalies situacija ir t. t. Rinkos ekonomikos sąlygomis tokie sprendiniai negali būti priimami direktyviškai, įvertinant tik jų reikšmę miesto įvaizdžio formavimui.

Galimybė – formuoti naują miesto vizualinį įvaizdį. Pastato mastelis išlieka svarbus veiksnys formuojant panoraminius miesto vaizdus. Pasitelkus aukštybinę statybą tampa įmanoma greita, radikali miesto įvaizdžio kaita. Tokie objektai

turi svertinę miesto įvaizdžio formavimo vertę, kartu turi įgyti tvirtą ekonominį, socialinį pagrindą.

Grėsmė – neigiamas naujų didelio mastelio objektų poveikis kompozicinei sistemai. Taškiniu būdu išdėstytų aukštybinių pastatų sistema įneša tam tikro chaotiškumo, apsunkina urbanistinės kompozicijos suvokimą.

Pavieniai aukštybiniai pastatai išdėstyti kaip dominantės miegamuosiuose rajonuose, esančiuose miesto periferijoje. Pokario metai architektūrai buvo reikšmingi daugeliu dalykų, kuriuos lėmė ekonomikos, industrijos ir technologijos impulsas, paskatinęs susidomėjimą socialinėmis problemomis, kurioms spręsti buvo skiriamos maksimalios pastangos. Projektuojant gyvenamuosius kompleksus daug dėmesio buvo telkiama ties ekonominiais ir techniniais aspektais, tačiau didėjant statybos tempams architektūrinė, gyvenamųjų kompleksų išraiška tampa monotoniška, ji netenka savo individualumo, kuris liko svarbiu architektūros bruožu.

Stiprybė – apsaugomas miesto istorinis centras nuo radikalių pokyčių ir išvengiama masinės statybos mikrorajonų supanašėjimo. Atsižvelgiant į išskirtinę Europos miestų situaciją, miestų planuotojai nusprendė aukštybinę statybą nukreipti į miestų pakraščius, tokiu būdu apsaugant istorinį miesto centrą nuo radikalių pokyčių. Pavieniai tam tikra tvarka išdėstyti aukštybiniai pastatai suteikia gyvenamojo rajono urbanistinei kompozicijai ir panoraminiams vaizdams individualumo.

Silpnybė – neigiamas poveikis gyvenimo sąlygų kokybei. Tam tikrais atvejais aukštybiniai pastatai gali tapti priemone, tankinančia miesto užstatymą, tačiau tai kartu reiškia prastesnę aplinkos kokybę, viešųjų erdvių trūkumą.

Galimybė – sukurti geresnes gyvenimo sąlygas. Daugiau dėmesio gali būti skiriama viešosioms erdvėms formuoti. Šiandien ekologiniai aspektai atlieka svarbų vaidmenį planuojant teritorijas (Chu 2011).

Grėsmė – neigiamas vizualinis poveikis gyvenamojo rajono kompozicijai. Kompozicijos dažnai traktuojamos kaip baigtinės, todėl esamų daugiabučių gyvenamųjų namų ansamblių papildymas neretai apsiriboja pavieniais pastatais, neturinčiais vizualinio ryšio su aplinkiniu užstatymu, kartu sukelia transporto judėjimo, automobilių statymo problemų. Silpnas urbanistinių vizijų įgyvendinamos mechanizmas neleidžia išvengti dispersinės aukštybinių pastatų sklaidos.

Linijiniu būdu išdėstyta aukštybinių pastatų grupė miesto centrinėje dalyje šalia greitkelių. Automobilizacija suteikė naują mastelį miestų planavimo procesui, leido išplėsti egzistavusias jo ribas. Linijinis aukštybinių pastatų išdėstymo modelis realizuojamas išdėstant pastatus pagal automagistrales, kertančias miestą (C priedas, C6 pav. j, h).

Stiprybė – sukuriamas judėjimo metu suvokiamas miesto įvaizdis. Šiandien svarbu miestą suvokti judėjimo metu. Vizualinis objekto suvokimas priklauso

nuo pasirinktos vietos, stebėjimo sąlygų. Susisieikimo komunikacijos turi įtakos estetinei miesto įvaizdžio kokybei.

Silpnybė – didesnis transporto apkrovimas, tenkantis transporto infrastruktūrai. Didesnių traukos centrų išdėstymas šalia greitkelių turi neigiamą poveikį infrastruktūros funkcionavimui.

Galimybė – apsaugoti istorinį miesto centrą nuo radikalių pokyčių. Aukštybinė statyba šalia miestą kertančių svarbių magistralių leidžia respektuoti aukštybinės statybos investicinį patrauklumą ir apsaugoti istorinį miesto centrą nuo destruktuvios investuotojų veiklos.

Grėsmė – neigiamas vizualinis poveikis miesto centrinės dalies panoraminiam vaizdams. Vertikalių didelio mastelio objektų išdėstymas arti miesto istorinio centro gali turėti neigiamą vizualinį poveikį miesto centrinės dalies panoraminiam vaizdams.

Koncentruotas aukštybinių pastatų išdėstymas miesto istoriniame centre. Toks išdėstymo modelis grindžiamas administracinių pastatų statyba, siekiant pritraukti pasaulinių kompanijų, kurti geresnes pasaulio ekonominio elito sąlygas.

Stiprybė – išvengiama chaotiškos naujų didelio mastelio pastatų sklaidos. Leidžia suderinti miesto investuotojų ir miesto valdžios tikslus, išvengti chaotiškos šių pastatų sklaidos ateityje.

Silpnybė – neigiamas vizualinis poveikis panoraminiam vaizdams. Vertikalūs didelio mastelio objektai, išdėstyti istoriniame miesto centre, gali turėti neigiamą poveikį panoraminiam miesto vaizdams, žvelgiant iš svarbių apžvalgos vietų. Nors šalia esantis istoriškai susiformavęs siluetas yra labai vertingas, miesto valdžia dėl baimės prarasti investicijas daro kompromisą, siekdama sukurti kuo geresnes sąlygas verslo plėtrai (C priedas, C6 pav. l, m). Vienas akivaizdžiausių pavyzdžių – Londono centrinėje dalyje esanti šv. Andriaus (St. Andrews) bažnyčia ir kiti istoriniai pastatai šioje teritorijoje.

Galimybė – sukurti kompaktišką miesto branduolį. Kompaktiškuose miestuose sumažėja kelionių ilgis, dirbama žemė apsaugoma nuo užstatymo. Tai išlieka viena svarbiausių darnaus miestų planavimo užduočių.

Grėsmė – neigiamas vizualinis poveikis vertingam istoriniam miesto užstatymo kontekstui. Naujos didelio mastelio objektų grupės atsiradimas gali turėti neigiamą poveikį istoriniai miesto daliai, pakeisti teritorijoje dominuojantį morfotipą.

Koncentruotas aukštybinių pastatų išdėstymas miesto periferijoje. Akivaizdu, kad verslas negali būti vystomas užmiestyje, todėl, siekiant išspręsti kylančias plėtros problemas, miesto verslo centras atskiriamas nuo istorinio.

Stiprybė – neribotas naujų pastatų mastelis, mažesnis transporto apkrovimas, tenkantis istoriniam miesto centrui. Neribotas užstatymo mastelis sudaro patrauklias sąlygas investuotojams įgyvendinti savo tikslus pasitelkiant aukšty-

binę statybą. Tokie pokyčiai miestų struktūroje leidžia labai sumažinti transporto apkrovimą, tenkantį miesto centrui.

Silpnybė – reikalingos didelės papildomos investicijos į infrastruktūrą. Tam reikia didelių investicijų kuriant teritorijos infrastruktūrą. Infrastruktūra turi didelę įtaką nekilnojamojo turto vystymui konkrečioje teritorijoje (Martinus 2012). Šiuo atveju būtina sukurti naują visos teritorijos, kuriai reikia didelių investicijų, infrastruktūrą.

Galimybė – apsaugoti miesto istorinį centrą nuo radikalių pokyčių. Savivaldybių urbanistinės plėtros prioritetu išliko poreikis apsaugoti miestų teritorijas bekompromisės aukštybinių pastatų procese (Alistratovaitė 2007). Geresnės sąlygos plėtoti verslą daugelį įmonių privertė persikraustyti iš miesto centro į naujus verslo rajonus, tokius kaip La Defense Paryžiuje (arch. J. O. Von Spreckelsen) (C priedas, C6 pav. o, p).

Grėsmė – patrauklesnių verslui vietų atsiradimas. Galimybė pasirinkti geresnį verslo požįriui alternatyvų variantą gali apsunkinti teritorijos užstatymo vystymąsi ateityje. Akivaizdu, kad naujieji dirbtinai sukurti ir į urbanistinę struktūrą įterpti verslo rajonai ne visada gali pasiūlyti alternatyvias galimybes verslui vystyti, palyginti su centrinėmis miesto dalimis. Tačiau didžiausia problema yra ta, kad ne visi nauji rajonai, nepaisant vadžios institucijų skiriamo dėmesio, gali prilygti seniesiems verslo centrams. Akivaizdus pavyzdys – „JP Morgan“ kompanijos grįžimas iš Canary Wharf į Londono Sitį.

Koncentruotas aukštybinių pastatų išdėstymas vietoje senų tikslinę paskirtį praradusių rajonų. Šis procesas neišvengiamas ir tuomet, kai vyraujantis užstatymas neatitinka teritorijos statuso mieste.

Stiprybė – gamybinių teritorijų konversija į netaršią aplinką, mažai patrauklių savo tikslinę paskirtį miesto rajonų atnaujinimas. Ekologinė aplinkos kokybė gali būti pasiekta senų pramoninių rajonų konversijos į netaršią aplinką metu. Vienu akivaizdžiausių pokyčių miesto struktūroje galima laikyti senųjų pramoninių rajonų regeneraciją, teritoriją pritaikant naujiems poreikiams. Savo tikslinę paskirtį praradę seni industriniai rajonai tampa potencialia vieta aukštybinei statybai vystyti (Carmona 2009). Kaip pavyzdį galima įvardyti Canary Wharf, kuris daugiau kaip per 35 metus išgyveno radikalius pokyčius (Home 1990) (C priedas, C6 pav. q, r).

Silpnybė – reikia kompleksiskai vystyti teritorijos infrastruktūrą, reikalingą verslo rajonui funkcionuoti. Jų tikslas – konvertuoti šiuolaikinio verslo centrus, visapusiškai plėtoti infrastruktūrą, tuo pačiu metu aukštybinius pastatus, kad atitiktų šiuolaikinio verslo poreikius.

Galimybė – apsaugoti istorinį miesto centrą nuo radikalių pokyčių. Išskirtinis naujų pastatų dydis apsunkina jų integraciją į urbanistinę miesto struktūrą, kuriai būdingos mažesnių erdvių ir pastatų proporcijos. Vienas dažniausiai nag-

rinėjamų senų apleistų rajonų regeneracijos pavyzdžių – Isle of Dogs vietovė Londone (C priedas, C6 pav. q, r).

Grėsmė – patrauklesnių verslui vietų atsiradimas. Tampa aišku, kad nauji dirbtinai sukurti ir į urbanistinę struktūrą įterpti verslo rajonai ne visais atvejais gali pasiūlyti alternatyvias galimybes plėtoti verslą, palyginti su centrinėmis šiuolaikinių miestų dalimis. Vienas tokių pavyzdžių – Maskvos verslo centras, kurio planas paremtas Šiaurės Amerikos miestams būdingu centruotu aukštybinių pastatų išdėstymo būdu (archit. B. Thor, S. Gusarev, S. Dubrovski, I. Rotburg, G. Sirota).

Koncentruotas aukštybinių pastatų išdėstymas šalia miesto istorinio centro. Toks išdėstymas šalia miesto istorinio centro nagrinėtas skirtingų autorių darbuose (Daunora *et al.* 2004; Motieka 2009). Aukštybiniams pastatams išdėstyti pasirenkama neurbanizuota erdvė šalia miesto istorinio centro.

Stiprybė – topografinio pagrindo naudojimas aukštybinių pastatų išdėstymo kompozicijai kurti. Šio panaudojimas leidžia atskleisti išraiškingą urbanistinę erdvę, kaip matome Rygos miesto atveju (C priedas, C6 pav. u).

Silpnybė – alternatyvaus miesto centro kaip kultūrinės erdvės paneigimas, užsienio miestų vizualaus vaizdo imitacija, neatsižvelgiant į ekonominius ir socialinius atskirų regionų aspektus. Kartu su fizinėmis centrinės dalies charakteristikomis svarbūs ir kiti vykstantys procesai, įskaitant kultūrinį gyvenimą. Problema ta, kad alternatyvaus centro atsiradimas susijęs išskirtinai su verslo poreikiais. Kai kuriais atvejais tokio centro kūrimas yra dirbtinai sukeltas procesas, neturintis tvirto socialinio ar ekonominio pagrindo. Silueto formavimo ambicijos turi atitikti realias miesto plėtros galimybes, turi būti numatyti realizavimo mechanizmai. Tai lemia provincialumo sindromas, siekiama kažko panašaus kaip Vakarų Europoje. Aukštybinių pastatų išdėstymo modelio pasirinkimas turi būti paremtas egzistuojančiomis nekilnojamojo turto rinkos tendencijomis.

Galimybė – apsaugoti miesto istorinį centrą nuo radikalių pokyčių. Svarbiausia užduotis – apsaugoti istorinį miesto centrą nuo galimų radikalių pokyčių, kurie gali turėti neigiamą poveikį vizualiniam identitetui.

Grėsmė – neigiamas privačios nuosavybės poveikis teritorijos užstatymo vystimui, teritorijos virtimas urbanistiniu konglomeratu. Aukštybinių pastatų išdėstymo modelių įgyvendinimą gali apsunkinti šalia esanti privati nuosavybė, todėl alternatyviam miesto centrui įgyvendinti pasirenkama laisva neužstatyta erdvė šalia miesto istorinio centro. Pasirinkta didelė teritorija ir netinkamas aukštybinės statybos proceso valdymas gali paversti teritoriją urbanistiniu konglomeratu, susidedančių iš chaotiškai išdėstytų pavienių pastatų (C priedas, C6 pav. v).

Silpnybė – reikalinga didelė neįsisavinta erdvė šalia miesto istorinio centro. Koncentruotam aukštybinių pastatų išdėstymo modeliui įgyvendinti reikia didelio statybai tinkamo ploto šalia miesto istorinio centro.

Kiekvienos nagrinėjamos alternatyvos SSGG analizė pateikiama 3.2 lentelėje.

Taikant SSGG analizę visuomeninės ir gyvenamosios aukštybinių pastatų paskirties išdėstymui Vilniaus miesto urbanistinėje struktūroje įvertinti pasirinkti šie architektūriniai, ekonominiai ir socialiniai rodikliai:

- x_1 – vertingo miesto centrinės dalies morfotipą išsaugojimas (balai);
- x_2 – transporto kamščių miesto centrinėje dalyje mažinimas (balai);
- x_3 – senų savo funkcinę paskirtį praradusių pramoninių miesto rajonų regeneracija (balai);
- x_4 – esamos transporto infrastruktūros naudojimas kuriant užstatymo kompoziciją (balai);
- x_5 – esamo gamtinio morfotipo naudojimas kuriant aukštybinių pastatų išdėstymo kompoziciją (balai);
- x_6 – palankių verslo augimui sąlygų sukūrimas (balai);
- x_7 – neigiamas privačios nuosavybės poveikis modelio įgyvendinimui (balai);
- x_8 – miesto istorinio centro apsauga nuo radikalių pokyčių ateityje (balai);
- x_9 – esamos transporto infrastruktūros naudojimas naujo užstatymo vystymui (balai);
- x_{10} – neigiamas vizualinis poveikis centrinės miesto dalies panoraminiam vaizdams (balai);
- x_{11} – chaotiškas aukštybinių pastatų išdėstymas (balai);
- x_{12} – neigiamas poveikis gyvenimo sąlygoms (balai).

3.2 lentelė. Aukštybinių pastatų išdėstymo mieste SSGG analizės rezultatai

Table 3.2. SWOT analysis results of high-rise buildings location in modern European city

	Stiprybė	Silpybė	Galimybė	Grėsmė
A_1	Naujas pastatas iš esmės nekeičia esamo vertingo teritorijos morfotipo	Ilgalaikės aukštybinių pastatų išdėstymo vizijos trūkumas.	Panaudoti transporto infrastruktūrą ir topografines vietovės savybes aukštybinių pastatų išdėstymo kompozicijai kurti	Neigiamas vizualinis poveikis miesto istorinio centro siluetai
A_2	Aukštybinių pastatų išdėstymas modelis susijęs su transporto infrastruktūros ypatumais	Dominančių sistemą sudėtinga įgyvendinti rinkos ekonomikos sąlygomis	Formuoti naują miesto vizualinį įvaizdį	Neigiamas naujų didelio mastelio objektų poveikis kompozicinei sistemai
A_3	Apsaugomas miesto istorinis centras nuo radikalių pokyčių ir išvengiama masinės statybos mikrorajonų supanašėjimo	Neigiamas poveikis gyvenimo sąlygų kokybei	Išvengti masinės statybos mikrorajonų supanašėjimo	Neigiamas vizualinis poveikis gyvenamojo rajono kompozicijai
A_4	Sukuriamas judėjimo metu suvokiamas miesto įvaizdis	Didesnis transporto apkrovimas, tenkantis transporto infrastruktūrai	Apsaugoti istorinį miesto centrą nuo radikalių pokyčių	Neigiamas vizualinis poveikis miesto centrinės dalies panoraminiam vaizdams.
A_5	Leidžia išvengti chaotiškos naujų didelio mastelio pastatų sklaidos	Neigiamas vizualinis poveikis miesto centrinės dalies panoraminiam vaizdams	Sukurti kompaktišką miesto branduolį	Neigiamas vizualinis poveikis vertinamam miesto istoriniam užstatymo kontekstui
A_6	Neribotas naujų pastatų mastelis, mažesnis transporto apkrovimas, tenkantis istoriniam miesto centrui.	Reikalingos didelės papildomos investicijos į infrastruktūrą	Apsaugoti istorinį miesto centrą nuo radikalių pokyčių	Patrauklesnių verslui vietų atsiradimas
A_7	Gamybinių teritorijų konversija į netaršią aplinką, mažai patrauklių savo tikslinę paskirtį miesto rajonų atnaujinimas	Reikia kompleksiskai vystyti teritorijos infrastruktūrą, reikalingą verslo rajonui funkcionuoti	Apsaugoti istorinį miesto centrą nuo radikalių pokyčių	Patrauklesnių verslui vietų atsiradimas
A_8	Topografinio pagrindo naudojimas aukštybinių pastatų išdėstymo kompozicijai kurti	Alternatyvaus miesto centro kaip kultūrinės erdvės paneigimas, užsienio miestų vizualaus vaizdo imitacija, neatsižvelgiant į ekonominius ir socialinius atskirų regionų aspektus	Neigiamas privačios nuosavybės poveikis teritorijos užstatymo vystimui, teritorijos virtimas urbanistiniu konglomeratu	Reikalinga didelė neįsisavinta erdvė šalia miesto istorinio centro

3.1.5. Rodiklių reikšmių ir reikšmingumų nustatymas, taikant Ekspertinio vertinimo metodą

Rodiklių reikšmingumus nustatė ekspertai, atsižvelgiant į jų svarbą teritorijų planavimo procese. Rodiklių reikšmes nustatė ekspertai, atsižvelgiant į jų svarbą nagrinėjamų aukštybinių pastatų išdėstymo alternatyvų atvejais Vilniaus mieste. Siekiant įvertinti rodiklių reikšmingumą, taikomas ekspertinio vertinimo metodas (Kendal 1970).

Siekiant nustatyti rodiklių reikšmes ir reikšmingumus buvo apklausta 12 ekspertų, užsiimančių teritorijų planavimu. Jie rėmėsi savo žiniomis ir patirtimi. Įvertinti naudojama skalė nuo 1 iki 12, kurioje 12 reiškia labai svarbus, 1 – mažai reikšmingas. Pradiniai duomenys sprendiniams vertinti pateikiami 3.3 lentelėje. Sprendžiant uždavinį, rodikliai optimizuojami šiomis optimizavimo kryptis:

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_8, x_9 \xrightarrow{\text{optimizavimo kryptis}} \max;$$

$$x_7, x_{10}, x_{11}, x_{12} \xrightarrow{\text{optimizavimo kryptis}} \min.$$

Rodiklių reikšmingumus įvertino ekspertai. Rodiklių reikšmingumų įvertinimas pateiktas A priedo 1 dalyje. Aukštybinių pastatų išdėstymo urbanistinėje miesto struktūroje rodiklių reikšmingumo nustatymas, taikant ekspertinio vertinimo metodą, parodytas 3.3 lentelėje.

Rodiklių reikšmes nustatė ekspertai, įvertindami kiekvieno iš nagrinėjamų aukštybinių pastatų išdėstymo modelių reikšmingumus. Rodiklių reikšmių nustatymas pateiktas A priedo 2 dalyje.

Sudaromos rodiklių reikšmių matricos kiekvienai iš nagrinėjamų alternatyvų, apskaičiuojamos jų prioritetų eilutės ir sudaroma aukštybinių pastatų išdėstymo urbanistinėje Vilniaus miesto struktūroje pirminė sprendinių priėmimo matrica (3.4. lentelė).

3.1.6. Aukštybinių pastatų vietos ir išdėstymo parinkimas, taikant SAW metodą

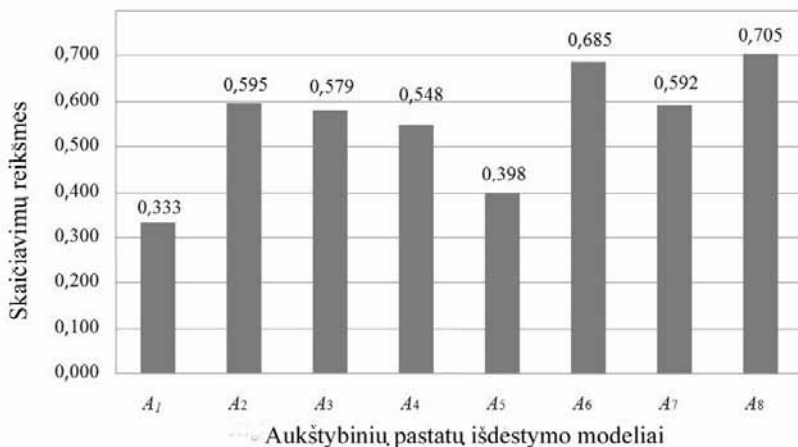
Geriausiai aukštybinių pastatų išdėstymo miesto urbanistinėje struktūroje sprendinių eilutei parinkti pagal anksčiau pasirinktus kriterijus taikomas SAW (angl. *Simple Additive Weighting*) metodas (MacCrimon 1968). Gauti skaičiavimo rezultatai pateikiami 3.5 lentelėje. Pagal SAW metodą alternatyvų išdėstymo tvarka yra ši:

$$A_8 \succ A_6 \succ A_2 \succ A_7 \succ A_3 \succ A_4 \succ A_5 \succ A_1.$$

3.3 lentelė Aukštybinių pastatų išdėstymo urbanistinėje miesto struktūroje kriterijų reikšmingumų nustatymas
Table 3.3. High-rise buildings location in Vilnius urban structure values significance establishment

Rodikliai Ekspertai	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
1	11	6	10	8	7	9	2	4	5	12	3	1
2	11	10	4	7	9	12	2	1	3	8	5	6
3	12	1	4	5	10	8	2	11	3	9	6	7
4	12	6	9	8	7	10	2	4	3	11	5	1
5	11	1	5	4	8	9	3	12	2	10	7	6
6	12	4	9	8	7	10	2	5	3	11	6	1
7	12	1	4	5	10	8	2	11	3	9	6	7
8	12	6	9	8	7	10	2	4	3	11	5	1
9	12	6	9	8	7	10	2	3	4	11	5	1
10	11	6	10	8	7	9	2	4	3	12	5	1
11	11	6	10	8	7	9	2	4	5	12	3	1
12	11	10	4	7	9	12	2	1	3	8	6	5
Rangų suma	138	63	87	84	95	116	25	64	40	124	62	38
Apytiksliai rangai	11,50	5,25	7,25	7,00	7,92	9,67	2,08	5,33	3,33	10,33	5,17	3,17
Prioritetų eilutė	12	5	8	7	9	10	1	6	3	11	4	2
Reikšmingumo koeficientas w_i	0,088	0,082	0,085	0,085	0,085	0,087	0,078	0,083	0,080	0,087	0,082	0,079

Prioritetų eilutė, taikant ekspertinio vertinimo metodą, ir SAW aukštybinių pastatų išdėstymo modelio parinkimo uždavinio skaičiavimo rezultatai pateikti 3.5 paveiksle. Pagal skaičiavimo rezultatus koncentruotas aukštybinių pastatų išdėstymas šalia miesto istorinio centro A_8 yra geriausias variantas iš galimų alternatyvų, kurio naudingumo laipsnis – 0,705.



3.4 pav. Aukštybinių pastatų išdėstymo urbanistinėje miesto struktūroje modelių parinkimas taikant SAW metodą

Fig. 3.4. High-rise buildings location in urban structure layout selection by SAW method

3.1.7. Aukštybinių pastatų vietos ir išdėstymo parinkimas, taikant Laplaseo taisyklę

Aukštybinių pastatų išdėstymo alternatyvos buvo parinktos taikant lošimų teoriją. Taikant Laplace'o taisyklę parenkama eilutė, kurios suma yra didžiausia (Zavadskas *et al.* 2004). Taikant lošimų teorijos Laplace'o taisyklę alternatyvų išdėstymo tvarka yra tokia (Tamošaitienė *et al.* 2013):

$$A_8 \succ A_6 \succ A_4 \succ A_7 \succ A_2 \succ A_3 \succ A_5 \succ A_1$$

Skaičiavimai parodė, kad Vilniaus miesto atveju koncentruotas aukštybinių pastatų išdėstymas šalia miesto istorinio centro A_8 yra geriausias variantas, iš galimų alternatyvų, kurio naudingumo laipsnis – 0,563.

3.4 lentelė. Aukštybinių pastatų išdėstymo urbanistinėje Vilniaus miesto struktūroje pirminė sprendinių priėmimo matrica su reikšmėmis

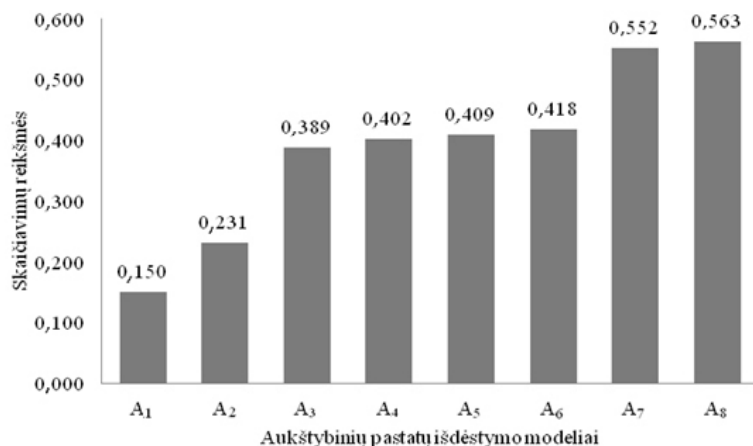
Table 3.4. High-rise buildings location in Vilnius city urban structure initial decision making matrix with values

Rodikliai Alternatyvos	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
A_1	5	2	6	3	1	7	10	4	9	11	12	8
A_2	12	4	6	8	1	9	7	10	11	2	3	5
A_3	12	9	1	4	7	8	3	10	5	2	11	6
A_4	3	4	1	9	6	8	7	11	10	12	5	2
A_5	3	2	6	7	4	11	10	1	8	12	5	9
A_6	12	10	2	9	8	6	7	11	4	1	5	3
A_7	10	5	12	4	2	8	3	9	6	11	1	7
A_8	8	4	7	9	5	10	2	12	6	11	1	3

3.5 lentelė. Pasverta normalizuota matrica sudaryta taikant SAW metodą

Table 3.5. Weighted normalized decision making matrix by applying SAW method

Rodikliai Alternatyvos	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	S_{SAW}	Rangas
A_1	0,037	0,016	0,043	0,028	0,011	0,055	0,016	0,028	0,065	0,008	0,007	0,020	0,333	8
A_2	0,088	0,033	0,043	0,076	0,011	0,071	0,022	0,069	0,080	0,044	0,027	0,032	0,595	3
A_3	0,088	0,074	0,007	0,038	0,074	0,063	0,052	0,069	0,036	0,044	0,007	0,026	0,579	5
A_4	0,022	0,033	0,007	0,085	0,064	0,063	0,022	0,076	0,073	0,007	0,016	0,079	0,548	6
A_5	0,022	0,016	0,043	0,066	0,043	0,087	0,016	0,007	0,058	0,007	0,016	0,018	0,398	7
A_6	0,088	0,082	0,014	0,085	0,085	0,047	0,022	0,076	0,029	0,087	0,016	0,053	0,685	2
A_7	0,073	0,041	0,085	0,038	0,021	0,063	0,052	0,062	0,044	0,008	0,082	0,023	0,592	4
A_8	0,059	0,033	0,050	0,085	0,053	0,079	0,078	0,083	0,044	0,008	0,082	0,053	0,705	1



3.5 pav. Aukštybinių pastatų išdėstymo urbanistinėje miesto struktūroje modelių parinkimas taikant Laplaso taisyklę

Fig. 3.5. High-rise buildings location in urban structure layout selection by Laplace rule

3.1.8. Aukštybinių pastatų vietos ir išdėstymo parinkimas, taikant MOORA ir MULTIMOORA metodus

Siekiant nustatyti rodiklių svorius ir reikšmes buvo ekspertinio vertinimo metodas panaudotas. Racionaliausios aukštybinių pastatų išdėstymo mieste alternatyvos parinkimas atliekamas taikant MOORA (*Multi-Objective Optimization by Ration Analysis*) metodą (Brauers, Zavadskas 2006; Brauers, Zavadskas 2010; Kracka *et al.* 2010). Sudaroma alternatyvų atsako į tikslus matrica (3.6 lentelė). Tolimesni skaičiavimai, taikant MOORA ir MULTIMOORA metodus pateikiami 3.7–3.11 lentelėse. Alternatyvų išsidėstymo tvarka taikant MOORA metodą yra:

$$A_6 \succ A_2 \succ A_8 \succ A_4 \succ A_7 \succ A_3 \succ A_5 \succ A_1.$$

Racionaliausios aukštybinių pastatų išdėstymo mieste alternatyvos parinkimas atliekamas taikant MULTIMOORA (MOORA plus Full Multiplicative Form) metodą (Brauers, Zavadskas 2010), kuris ankščiau buvo taikytas įvairiuose darbuose (Kračka *et al.* 2010; Brauers *et al.* 2013; Kildienė 2013). Alternatyvų išsidėstymo tvarka taikant MULTIMOORA metodą yra:

$$A_6 \succ A_2 \succ A_8 \succ A_7 \succ A_4 \succ A_3 \succ A_5 \succ A_1.$$

3.6 lentelė. Alternatyvų atsako į tikslus matrica: (x_{ij})
Table 3.6. Matrix of responses of alternatives on objectives: (x_{ij})

Alternatyvos	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
	maks.	maks.	maks.	maks.	maks.	maks.	maks.	maks.	maks.	min.	min.	min.
A_1	5	2	6	3	1	7	10	4	9	11	12	8
A_2	12	4	6	8	1	9	7	10	11	2	3	5
A_3	12	9	1	4	7	8	3	10	5	2	11	6
A_4	3	4	1	9	6	8	7	11	10	12	5	2
A_5	3	2	6	7	4	11	10	1	8	12	5	9
A_6	12	10	2	9	8	6	7	11	4	1	5	3
A_7	10	5	12	4	2	8	3	9	6	11	1	7
A_8	8	4	7	9	5	10	2	12	6	11	1	3

3.7 lentelė. Kriterijų reikšmės padalintos iš jų kvadratinų šaknų ir MOORA
Table 3.7. Objectives divided by their square roots and MOORA

Alternatyvos	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	k	Rangas
A_1	0,198	0,124	0,342	0,151	0,071	0,291	0,521	0,153	0,411	0,428	0,641	0,481	0,712	8
A_2	0,475	0,247	0,342	0,402	0,071	0,374	0,364	0,382	0,503	0,078	0,160	0,300	2,622	2
A_3	0,475	0,556	0,057	0,201	0,500	0,332	0,156	0,382	0,228	0,078	0,587	0,361	1,863	6
A_4	0,119	0,247	0,057	0,452	0,429	0,332	0,364	0,421	0,457	0,467	0,267	0,120	2,023	4
A_5	0,119	0,124	0,342	0,351	0,286	0,457	0,521	0,038	0,366	0,467	0,267	0,541	1,328	7
A_6	0,475	0,618	0,114	0,452	0,571	0,249	0,364	0,421	0,183	0,039	0,267	0,180	2,961	1
A_7	0,396	0,309	0,685	0,201	0,143	0,332	0,156	0,344	0,274	0,428	0,053	0,421	1,938	5
A_8	0,316	0,247	0,400	0,452	0,357	0,416	0,104	0,459	0,274	0,428	0,053	0,180	2,363	3
Kvadratų suma	639	262	307	397	196	579	369	684	479	660	351	277		

3.7. lentelės tęsinys
Table 3.7 continuation

Kvadratinė šaknis	25,28	16,19	17,52	19,92	14,00	24,06	19,21	26,15	21,89	25,69	18,73	16,64	
----------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--

3.8 lentelė. Atskaitos taško teorija su kriterijais: koordinatės nuo atskaitos taško yra lygios maksimalioms reikšmėms**Table 3.8.** Reference point theory with ratios: coordinates of the reference point equal to the maximal objectives values

Alternatyvos x_i	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
	0,475	0,618	0,685	0,452	0,571	0,457	0,521	0,459	0,503	0,039	0,053	0,120

3.9 lentelė. Atskaitos taško teorija: nukrypimai nuo atskaitos taško**Table 3.9.** Reference point theory: deviations from reference point

Alternatyvos	x_1 maks.	x_2 maks.	x_3 maks.	x_4 maks.	x_5 maks.	x_6 maks.	x_7 maks.	x_8 maks.	x_9 maks.	x_{10} min.	x_{11} min.	x_{12} min.	Rangas
A_1	0,277	0,494	0,342	0,301	0,500	0,166	0,000	0,306	0,091	0,389	0,587	0,361	6
A_2	0,000	0,371	0,342	0,050	0,500	0,083	0,156	0,076	0,000	0,039	0,107	0,180	4
A_3	0,000	0,062	0,628	0,251	0,071	0,125	0,364	0,076	0,274	0,039	0,534	0,240	7-8
A_4	0,356	0,371	0,628	0,000	0,143	0,125	0,156	0,038	0,046	0,428	0,214	0,000	7-8
A_5	0,356	0,494	0,342	0,100	0,286	0,000	0,000	0,421	0,137	0,428	0,214	0,421	3
A_6	0,000	0,000	0,571	0,000	0,000	0,208	0,156	0,038	0,320	0,000	0,214	0,060	5
A_7	0,079	0,309	0,000	0,251	0,429	0,125	0,364	0,115	0,228	0,389	0,000	0,300	2
A_8	0,158	0,371	0,285	0,000	0,214	0,042	0,416	0,000	0,228	0,389	0,000	0,060	1

3.10 lentelė. Pilna išraiškos forma
Table 3.10. The full multiplicative form

Alternatyvos	1	2	2.1	3	3.1	4	4.1	5	5.1	6	6.1	7
	maks.	maks.	2.1=1·2 maks.	maks.	3.1=2.1·3 maks.	maks.	4.1=3.1·4 maks.	maks.	5.1=4.1·5 maks.	maks.	6.1=5.1·6 maks.	maks.
A_1	5	2	10	6	60	3	180	1	180	7	1260	10
A_2	12	4	48	6	288	8	2304	1	2304	9	20736	7
A_3	12	9	108	1	108	4	432	7	3024	8	24192	3
A_4	3	4	12	1	12	9	108	6	648	8	5184	7
A_5	3	2	6	6	36	7	252	4	1008	11	11088	10
A_6	12	10	120	2	240	9	2160	8	17280	6	103680	7
A_7	10	5	50	12	600	4	2400	2	4800	8	38400	3
A_8	8	4	32	7	224	9	2016	5	10080	10	100800	2

7.1	8	8.1	9	9.1	10	10.1	11	11.1	12	12.1	Rezultatas	
	maks.	8.1=7.1·8 maks.	maks.	9.1=8.1·9 maks.	min.	10.1=9.1·10 maks.	min.	11.1=10.1·11 maks.	min.	12.1=11.1·12 maks.		
7.1=6.1·7 0,277	0,494	0,342	0,301	0,500	0,166	0,000	0,306	0,091	0,389	0,587	0,361	
0,000	0,371	0,342	0,050	0,500	0,083	0,156	0,076	0,000	0,039	0,107	0,180	
0,000	0,062	0,628	0,251	0,071	0,125	0,364	0,076	0,274	0,039	0,534	0,240	
0,356	0,371	0,628	0,000	0,143	0,125	0,156	0,038	0,046	0,428	0,214	0,000	
0,356	0,494	0,342	0,100	0,286	0,000	0,000	0,421	0,137	0,428	0,214	0,421	
0,000	0,000	0,571	0,000	0,000	0,208	0,156	0,038	0,320	0,000	0,214	0,060	
0,079	0,309	0,000	0,251	0,429	0,125	0,364	0,115	0,228	0,389	0,000	0,300	
0,158	0,371	0,285	0,000	0,214	0,042	0,416	0,000	0,228	0,389	0,000	0,060	

3.11 lentelė. MULTIMOORA kaip MOORA metodo ir išplėstinės išraiškos rezultatas
Table 3.11. MULTIMOORA as consequence of the MOORA method and of the full multiplicative form

Alternatyvos	MOORA santykinė sistema	MOORA orientacinis taškas	Pilna forma	MULTIMOORA
A_1	8	6	8	8
A_2	2	4	2	2
A_3	6	7-8	6	6
A_4	4	7-8	5	5
A_5	7	3	7	7
A_6	1	5	1	1
A_7	5	2	4	4
A_8	3	1	3	3

3.1.9. Gautų rezultatų apibendrinimas

Sprendžiant uždavinį skirtingais metodais gaunami panašūs, tačiau ne visiškai vienodi rezultatai. Gauti skaičiavimų rezultatai, taikant daugiatikslio vertinimo metodus SAW, Laplaso taisyklę, MOORA ir MULTIMOORA pateikti 3.12 lentelėje. Aukštybinių pastatų išdėstymo Vilniaus mieste vertinimo rezultatus palyginti naudojami vidurkio (Hwang, Yoon 1981), Borda (Borda 1781) ir Copeland (Fishburn 1971; Erlandson 1978) metodai. Rezultatams lyginti sudaroma sprendimų priėmimo matrica. Sudaroma matrica, kurios visi stulpeliai sudaryti iš variantų prioritetų eilutės, skaičiuotos atitinkamu metodu, o papildomas stulpelis sudarytas iš narių, gautų sudėjus variantų racionalumo skaitines reikšmes ir padalijus jas iš taikytų metodų skaičiaus (3.13 lentelė).

3.12 lentelė. Palyginimo rezultatai, taikant vidurkio metodą

Table 3.12. Comparison results according average method

Objektai	SAW	Laplace'o taisyklė	MOORA	MULTIMOORA	Vidurkiai	Bendras rangas
	M_1	M_2	M_3	M_4		
A_1	8	8	8	8	8	8
A_2	3	5	2	2	3	3
A_3	5	6	6	6	5,75	6
A_4	6	3	4	5	4,5	5
A_5	7	7	7	7	7	7
A_6	2	2	1	1	1,5	1
A_7	4	4	5	4	4,25	4
A_8	1	1	3	3	2	2

Pagal gautus rezultatus sudaroma galutinė prioriteto rangų eilutė:

$$A_6 \succ A_8 \succ A_2 \succ A_7 \succ A_4 \succ A_3 \succ A_5 \succ A_1.$$

Lyginant skirtingų variantų racionalumo poras, sudaroma matrica. Čia 1 reiškia, kad variantas, kurio eilutėje jis yra, yra racionalesnis už variantą, kurio stulpelyje jis yra. 0 reiškia, kad variantas nėra racionalesnis arba jų racionalumas vienodas (3.14 lentelė).

3.13 lentelė. Palyginimo rezultatai taikant Borda, Coperland metodus
Table 3.13. Comparison results by applying Borda, Coperland methods

Objektai	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	$\sum P$
A_1	-	0	0	0	0	0	0	0	0
A_2	1	-	1	1	1	0	1	0	5
A_3	1	0	-	0	1	0	0	0	2
A_4	1	0	1	-	1	0	0	0	3
A_5	1	0	0	0	-	0	0	0	1
A_6	1	1	1	1	1	-	1	1	7
A_7	1	0	1	1	1	0	-	0	3
A_8	1	1	1	1	1	0	1	-	6
$\sum N$	7	2	5	4	6	0	3	1	

Paskutinis matricos stulpelis gaunamas sumuojant kiekvieno varianto santykinio racionalumo reikšmes. Paskutinė matricos eilutė gaunama sumuojant vertikaliai. Taikant Borda metodą vertinami matricos paskutinio stulpelio nariai. Racionaliausia reikšmė – didžiausia. Gauta alternatyvų prioritetų eilutė:

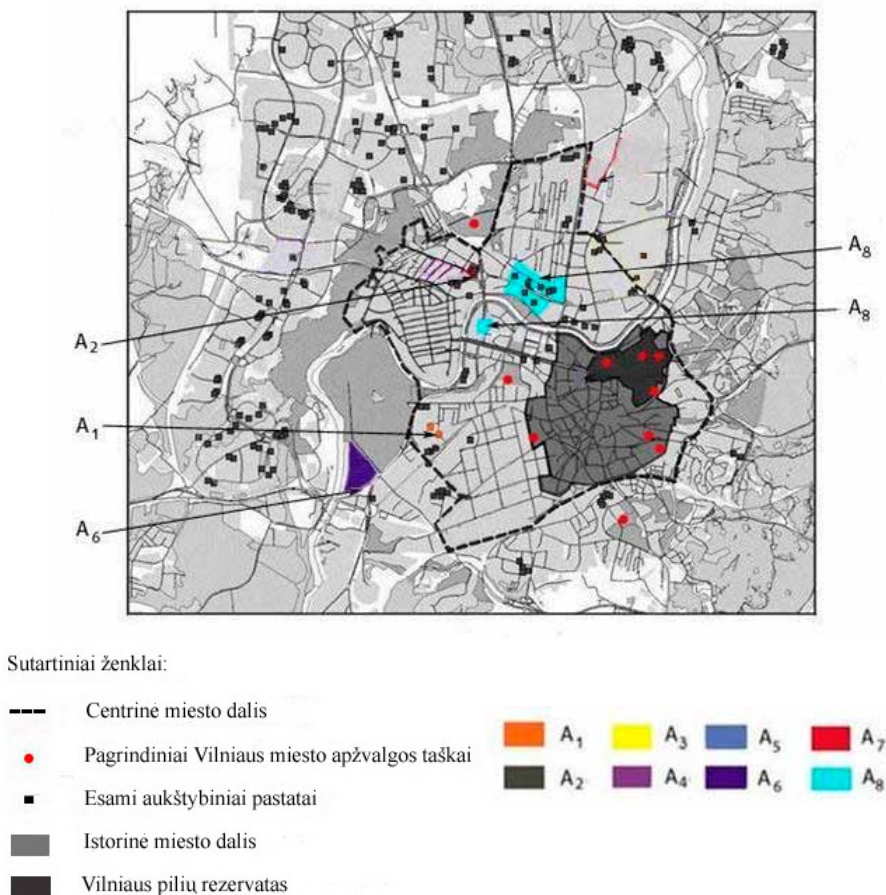
$$A_6 \succ A_2 \succ A_8 \succ A_4 \succ A_7 \succ A_3 \succ A_5 \succ A_1.$$

Taikant Copeland metodą racionalus variantas parenkamas iš racionalumo sumos atėmus skaičių paskutinėje eilutėje. Geriausia reikšmė didžiausia. Gauta alternatyvų prioritetų eilutė:

$$A_6 \succ A_2 \succ A_8 \succ A_4 \succ A_7 \succ A_3 \succ A_5 \succ A_1.$$

3.1.10. Gautų rezultatų ir esamų aukštybinės statybos strategijų palyginimas

Atlikus tyrimą, taikant daugiapakopį kompleksinį projektavimo sprendinių vertinimo modelį, galima teigti, kad gauti racionaliausi aukštybinių pastatų būdai iš esmės sutampa šiandien Vilniaus mieste numatytais vietomis (3.6 pav). Didžiausias dėmesys šiandien teikiamas koncentruotam išdėstymui aukštybinių pastatų šalia miesto istorinio centro, miesto periferijoje, pavienių pastatų išdėstymui šalia transporto mazgų. Stengiamasi vengti pavienių aukštybinių pastatų išdėstymo šalia miesto istorinio centro.



3.6 pav. Numatomi aukštybinių pastatų išdėstymo Vilniaus mieste būdai
Fig. 3.6. Proposed models of high rise buildings location in Vilnius city

3.2. Aukštybinio pastato konstrukcinės sistemos įvertinimas

Vienodo aukščio aukštybiams pastatams gali būti naudojamos skirtingos konstrukcinės sistemos, kurios parenkamos remiantis daugeliu rodiklių. Pasirinkimas priklauso nuo konstruktoriaus patirties ir išsilavinimo. Parenkant aukštybinių pastatų konstrukcinius sprendinius paprastai remiamasi keliais svertinė

reikšmę turinčiais rodikliais, tačiau nėra nagrinėjama galimybė sumažinti išlaidas, susijusias su konstrukcinės sistemos nugriovimu, perdirbimu kituose pastato gyvavimo proceso etapuose. Taip pat nėra vertinamai aplinkosaugos aspektai priimant sprendimus. Tyrimo tikslas – parinkti geriausią aukštybinio pastato konstrukcinę sistemą, įvertinant didelę rodiklių įvairovę.

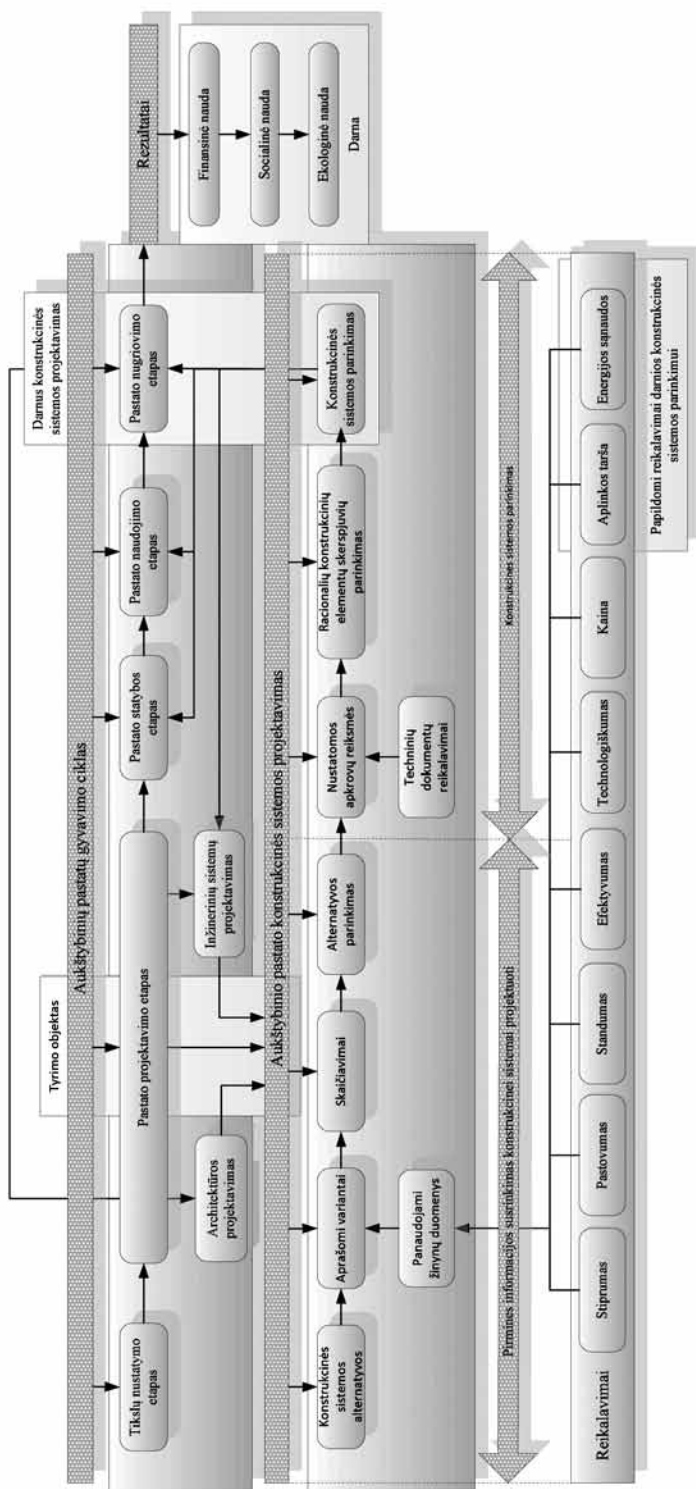
3.2.1. Kompleksinis laikančiųjų konstrukcijų įvertinimas

Visi pastato gyvavimo ciklo etapai yra tarpusavyje susiję, todėl reikia įvertinti jų efektyvumą siekiant geriausių rezultatų. Konstrukcinės sistemos projektavimas prasideda nuo pagrindinės konstrukcinės sistemos parinkimo. Pradžioje sudaroma scheminė konstrukcinė sistema. Kai pastato architektūriniai sprendiniai yra aiškūs, gali būti parenkama konstrukcinė sistema ir statybinės medžiagos. Šie sprendiniai gali būti priimami remiantis ankstesne pirmtakų patirtimi. Siekiant sumažinti priartėjimų skaičių, naudojami apytiksliai duomenys konstrukcinėms sistemoms pasirinkti lentelėse apačioje. Sudaromos apkrovų schemos konstrukciniams elementams paremtos normatyviniais dokumentais. Parenkant pastato konstrukcinę sistemą turi būti užtikrinti pagrindiniai reikalavimai (Ražaitis 2004): stiprumas, pastovumas, standumas, efektyvumas, technologiškumas, kaina.

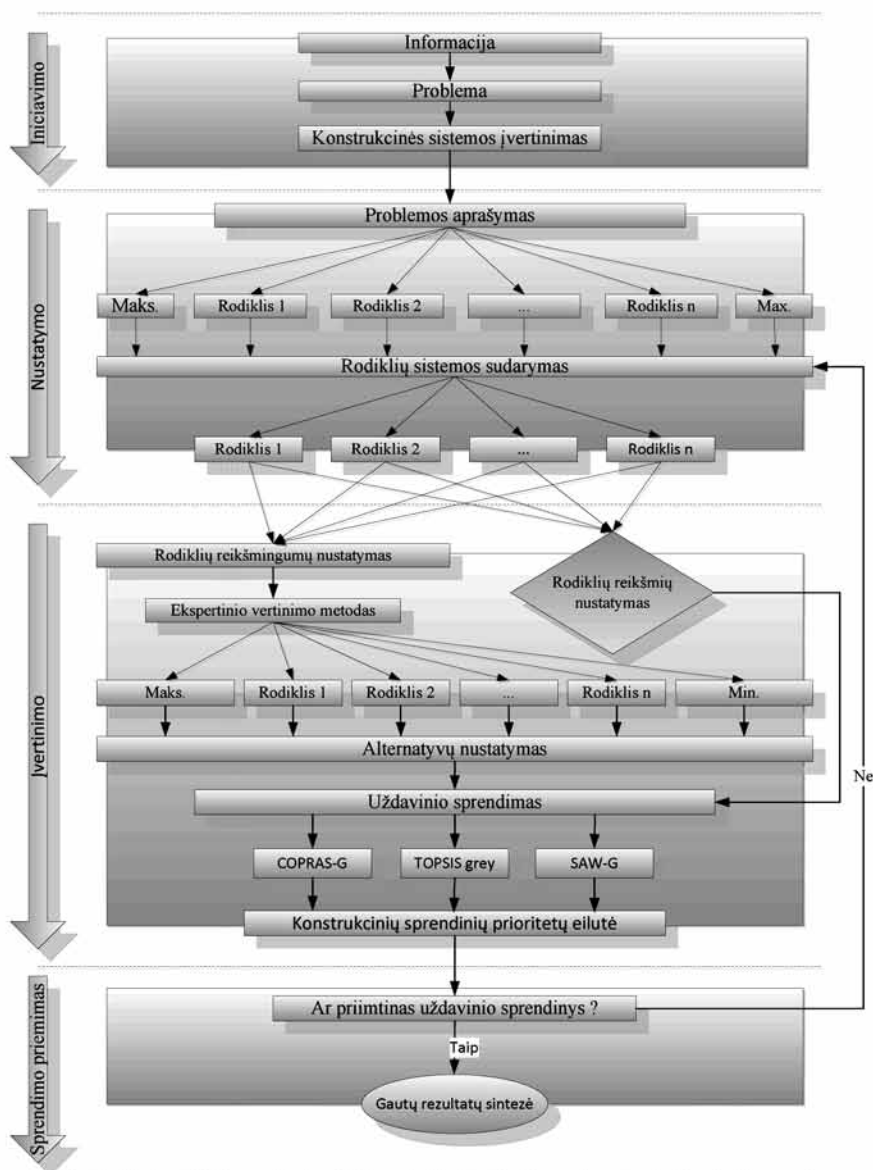
Daugybė darnos principų nėra tinkamai įvertinami projektuojant aukštybinių pastatų konstrukcinę sistemą, nes tai reikalauja papildomų investicijų ir neduoda investicijų grąžos. Papildomi pastato laikančiųjų konstrukcijų darnaus projektavimo tikslai yra šie (Moon 2008):

Sumažinti aplinkos taršą. Statybos sektorius išlieka viena daugiausiai energijos suvartojanti ir anglies dvideginio išskirianti žmogaus veiklos sričių (Zuo *et al.* 2012). Aplinkos tarša gali būti sumažinta panaudojant pakartotinai konstrukcinę sistemą, statybines medžiagas (Hong *et al.* 2012; Lee *et al.* 2012; Ku, Wong 2012; Fujita 2012; Berge 2012; Pečas *et al.* 2013). Projektavimo etapas sudaro galimybę pastato gyvavimo proceso pabaigoje jas paversti kitais produktais (Ali, Moon 2007).

Sumažinti energijos sąnaudas. Suvartojamą energiją galima apibrėžti kaip energiją, reikalingą konstrukciniams elementams pagaminti, transportuoti, sumontuoti, nugriauti ir perdirbti (Price 2001; Dixit *et al.* 2010, 2012). Įkūnytos energijos minimizavimas dar nereiškia efektyvaus konstrukcinio sprendinio (Jiao *et al.* 2012; Hearn *et al.* 2012; Qian *et al.* 2012). Tačiau tai nėra ypač svarbu konstrukcijų projektavimui, tačiau turi būti įvertinta, norint įgyvendinti darnaus projektavimo principus (Akadiri *et al.* 2012, Bojković 2012). Pirmiausia išnagrinėjamas aukštybinių pastatų konstrukcinių sistemų parinkimo modelis (3.6 pav.), numatoma galimybė atskiriems etapams pritaikyti daugiatis vertinimo metodus (3.7 pav.).



3.7 pav. Konstrukcinės sistemos kompleksinis įvertinimas (Tamosaitienė and Gaudutis 2013)
Fig. 3.7. Structural system complex assessment (Tamosaitienė and Gaudutis 2013)



3.8 pav. Uždavinio kompleksinis vertinimo modelis (Tamosaitiene and Gaudutis 2013)

Fig. 3.8. Task complex assessment model (Tamosaitiene and Gaudutis 2013)

Daugiapakopio vertinimo algoritmo žingsniai pateikiami 3.8 paveiksle. Remiantis surinkta informacija apibrėžiama problema, įvardijamas tyrimo tikslas – parinkti racionalią konstrukcinę aukštybinio pastato sistemą. Remiantis literatūros šaltiniais parenkami galimi konstrukcinių sistemų variantai, kurios gali būti taikomos pasirinktam pastatui. Konsultuojantis su ekspertais apsvairstomi ir išrenkami svarbiausi rodikliai, atsižvelgiant į užsibrėžtus tikslus. Šiuo etapu dar nėra žinomi tikslūs rodikliai, todėl dydžiai išreikiami intervalu. Kuo daugiau rodiklių ir tuo daugiau informacijos, tuo tikslesnių rezultatų galima siekti. Nustatant kokybinių kriterijų reikšmingumus dažniausiai taikomas ekspertinio vertinimo metodas. Taikant ekspertinio vertinimo metodą sprendimą priimančias asmuo įvertinimo etapu pareiškia savo nuomonę dėl rodiklių svarbos. Pasirinktų kriterijų reikšmingumui nustatyti taikomas ekspertinio vertinimo metodas. Nustatomas aukštybinių pastatų konstrukcinės sistemos rodiklių reikšmingumas, taikant ekspertinio vertinimo metodą (3.8 pav.).

Taikant COPRAS-G, „TOPSIS grey“, SAW-G metodą nustatomi racionaliausių sprendinių prioritetų eilutė, neatliekant viso konstrukcinės sistemos variantinio projektavimo. Pasirinkus racionaliausią konstrukcinę sistemą, kitas etapas – jos modeliavimas, taikant konstrukcijų projektavimo programas, parenkant tikslus geometrinius konstrukcinių elementų parametrus. Išsprendus uždavinį tikrinama, ar gautas rezultatas teisingas. Sprendžiant uždavinį keliais daugiataikslinio vertinimo metodais, būtina atlikti gautų rezultatų sintezę.

3.2.2. Kompleksinis aukštybinio pastato konstrukcinės sistemos įvertinimas pradiniam projektavimo etape

Šiuo modeliu remiantis galima būtų racionaliau naudoti statybines medžiagas, sumažinti konstrukcinės sistemos kainą ir derinti su pastato architektūriniais sprendiniais. Kaip tyrimo objektas pasirinktas 24 aukštų pastatas Vilniaus mieste, turintis karkasinę konstrukcinę sistemą, vertikaliuosius gelžbetoninius standumo elementus ir stiklinius išorinius atitvarus.

Pirmas modeliavimo etapas – pasirinkti konstrukcinę sistemą, kuri gali būti naudojama nagrinėjamo aukštybinio pastato atveju, atsižvelgiant į pastato architektūrinius, inžinerinius sprendinius. Sudaromi skirtingi galimi konstrukcinių sistemų variantai (3.9 pav.). Sudaroma rodiklių sistema, kurios svarbiausi parametrai, leidžiantys palyginti minėtas konstrukcines sistemas, išreiškiami intervalais (Taranath 1998; Ražaitis 2004; Parasonis 2007):

- efektyvus konstrukcinės sistemos aukštis (aukštai) $x_1 - [w_{i1}; b_{i1}]$;
- tipinis aukšto projektinis aukštis (m) $x_2 - [w_{i2}; b_{i2}]$;
- kolonų žingsnis išilgine linkme (m) $x_3 - [w_{i3}; b_{i3}]$;

- kolonų žingsnis skersine linkme (m) $x_4 - [w_{i4}; b_{i4}]$;
- kolonų skerspjūvio plotas (m²) $x_5 - [w_{i5}; b_{i5}]$;
- perdangos ilgis (m) $x_6 - [w_{i6}; b_{i6}]$;
- perdangos aukštis (m) $x_7 - [w_{i7}; b_{i7}]$;
- konstrukcinės sistemos kaina (€/m³) $x_8 - [w_{i8}; b_{i8}]$.
- statybos trukmė (m³/w. d.) $x_9 - [w_{i9}; b_{i9}]$;
- pastato statybos kaina (€/m³) $x_{10} - [w_{i10}; b_{i10}]$;
- suvartojama energija (kJ/kg) $x_{11} - [w_{i11}; b_{i11}]$;
- išskiriamas dvideginis (kg(CO₂)/kg) $x_{12} - [w_{i12}; b_{i12}]$;
- pastato nugriovimo kaina (€/m³) $x_{13} - [w_{i13}; b_{i13}]$.

3.2.3. Rodiklių reikšmingumų nustatymas, taikant Ekspertinio vertinimo metodą

Tikslas gali būti pasiektas taikant skirtingus efektyvumo rodiklius, turinčius skirtingas dimensijas, skirtingą reikšmingumą ir optimizavimo kryptį. Siekiant nustatyti rodiklių svarbą, buvo apklausti 12 ekspertų (B priedas, 2 dalis). Apklaustieji buvo statybos inžinieriai, turintys ilgametę ypatingų statinių projektavimo patirtį. Šie žmonės turėjo įvertinti rodiklius, remdamiesi savo patirtimi ir intuicija. Įvertinimas atliktas taikant skalę nuo 1 iki 12, kurioje 12 reiškia labai svarbu ir 1 – iš viso nesvarbu.

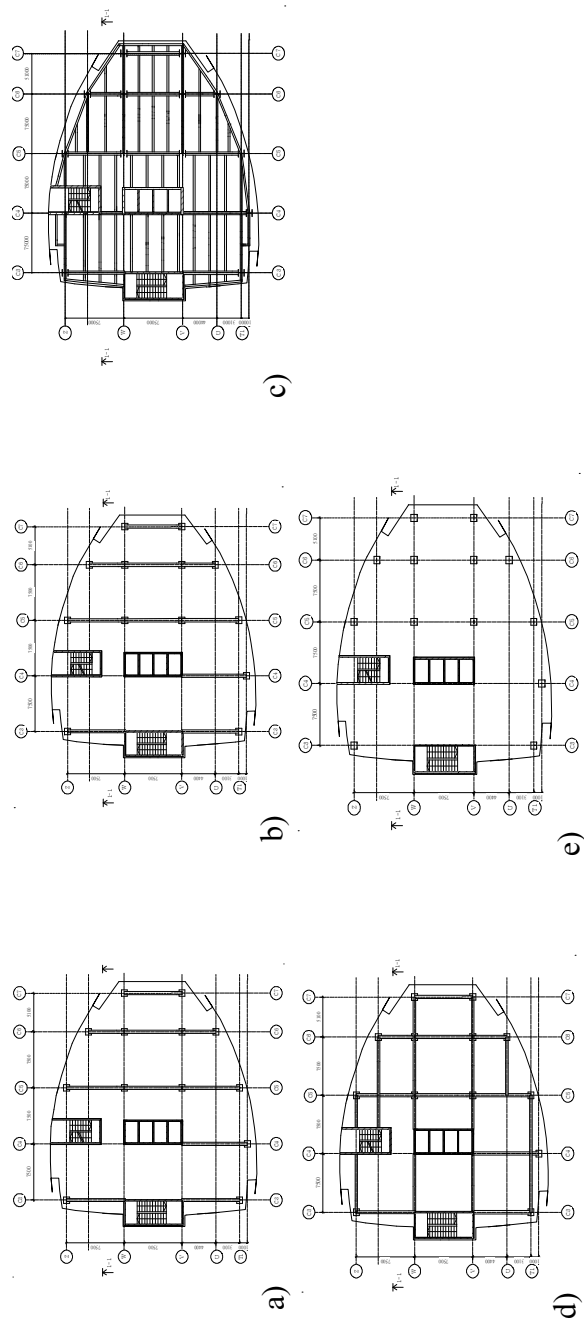
Pasirinktų rodiklių optimizavimo kryptis yra:

$$x_1, x_3, x_4, x_5 \xrightarrow[\text{kryptis}]{\text{optimizavimo}} \max;$$

$$x_2, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13} \xrightarrow{\text{optimizavimo kryptis}} \min.$$

3.2.4. Aukštybinio pastato konstrukcinės sistemos įvertinimas pradiname projektavimo etape, taikant COPRAS-G metodą

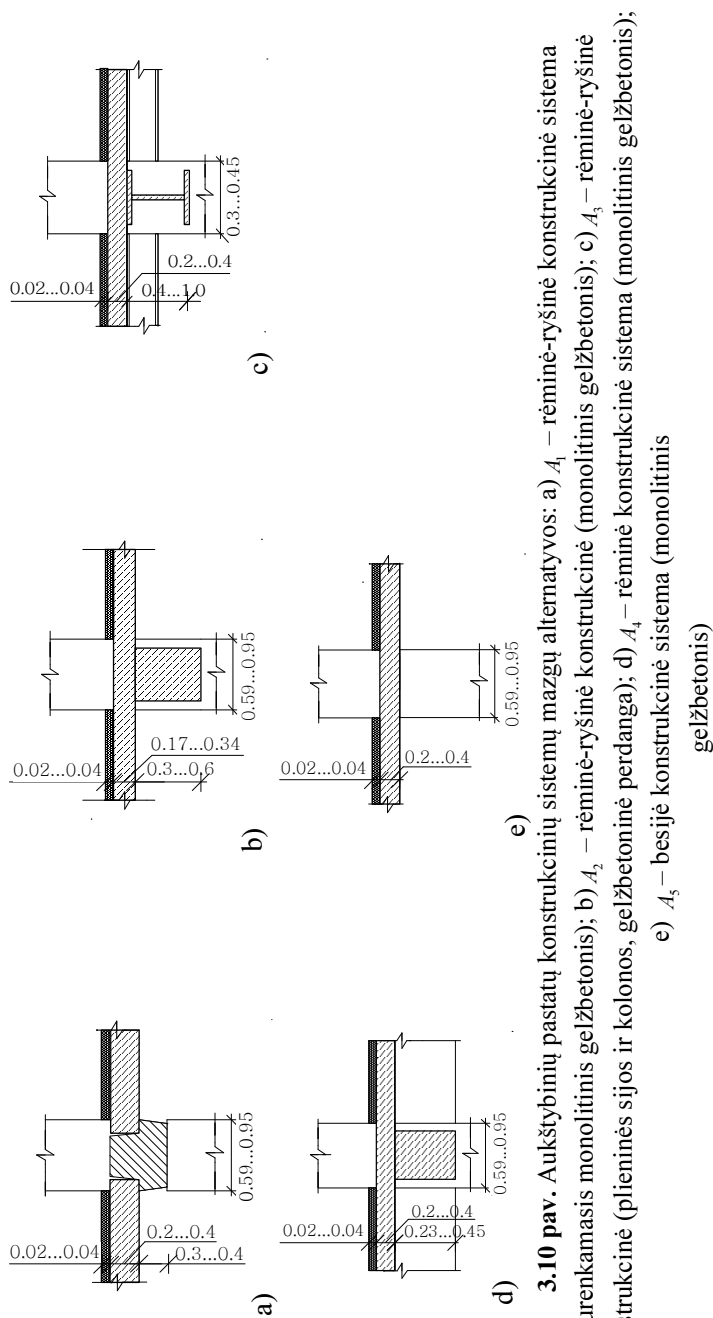
Kadangi pradiname projektavimo etape rodiklių informacija aprašyta intervalais, parinktas COPRAS-G metodas. Sprendiniui priimti taikomas COPRAS-G metodas, kurio pagrindas yra intervalų sistemų teorija, paremta rodiklių reikšmių vertinimu. Šis metodas taikytas skirtingiems uždaviniams (Barysiene 2012; Maity *et al.* 2012; Zavadskas *et al.* 2011). Uždaviniui spręsti naudojama metodika leidžianti įvertinti sprendinius tiek kokybiniais, tiek kiekybiniais aspektais.



3.9 pav. Aukštybinių pastatų konstrukcinių sistemų galimos alternatyvos: a) A_1 – rėminė-ryšinė konstrukcinė sistema (surenkamasis monolitinis gelžbetonis); b) A_2 – rėminė-ryšinė konstrukcinė (monolitinis gelžbetonis); c) A_3 – rėminė-ryšinė konstrukcinė (plieninės sijos ir kolonos, gelžbetoninė perdanga); d) A_4 – rėminė konstrukcinė sistema (monolitinis sijinis gelžbetonis); e) A_5 – besijė konstrukcinė sistema (monolitinis gelžbetonis)

Fig. 3.9. Possible alternatives for a structural system of a high-rise building:

- a) semi-rigid frame (sectional monolithic concrete) – A_1 ; b) semi-rigid frame (monolithic concrete) – A_2 ;
- c) semi-rigid frame (steel beams and columns, concrete span) – A_3 ; d) rigid frame (monolithic concrete) – A_4 ;
- e) rigid frame without beams (monolithic concrete) – A_5 ;



3.10 pav. Aukštybinių pastatų konstrukcinių sistemų mazgų alternatyvos: a) A_1 – rėminė-ryšinė konstrukcinė sistema (surenkamasis monolitinis gelžbetonis); b) A_2 – rėminė-ryšinė konstrukcinė (monolitinis gelžbetonis); c) A_3 – rėminė-ryšinė konstrukcinė (plieninės sijos ir kolonos, gelžbetoninė perdanga); d) A_4 – rėminė konstrukcinė sistema (monolitinis gelžbetonis); e) A_5 – besijė konstrukcinė sistema (monolitinis gelžbetonis)

Fig. 3.10. Possible alternatives for a structural system nodes of a high-rise building:

- a) semi-rigid frame (sectional monolithic concrete) — A_1 ; b) semi-rigid frame (monolithic concrete) — A_2 ;
- c) semi-rigid frame (steel beams and columns, concrete span) — A_3 ; d) rigid frame (monolithic concrete) — A_4 ;
- e) rigid frame without beams (monolithic concrete) — A_5

3.7 lentelė. Aukštybinių pastatų konstrukcinių sistemų pradinį duomenų matrica
Table 3.7. Initial decision making matrix of high-rise building structural systems

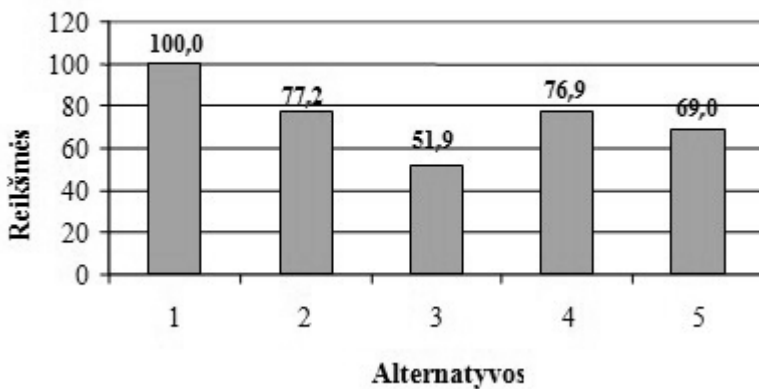
Alternatyvos	Efektyvus konstrukcinės sistemos aukštumas, aukštai		Aukšto aukštis, m		Kolonų žingsnis išilgine pastato linkme, m		Kolonų žingsnis skersine pastato linkme, m		Perdangos tarpatramis, m		Konstrukcinės sistemos projektavimo kaina, €/m³		Statybos greitis, m³/s. d.			
	maks. 0,098		min. 0,097		maks. 0,090		maks. 0,086		maks. 0,090		min. 0,094		min. 0,089			
Rodikliai			x_1		x_2		x_3		x_4		x_5		x_6			
Kriterijų reikšmės išreikštos intervalais	w_1		b_1		w_2	b_2	w_3	b_3	w_4	b_4	w_5	b_5	w_6	b_6	w_7	b_7
	20		30		3,7	4,1	6	12	6	9	4	12	27,5	35	0,5	1
	20		30		3,7	4,1	6	12	6	9	6	18	45	55	3	4
	20		30		3,3	3,9	6	12	6	12	6	18	50	65	2	3
	20		40		3,6	3,9	4,5	9	4,5	9	4,5	9	35	40	4	5
	20		35		3,4	3,6	4,5	9	4,5	9	4,5	9	45	60	4	5

Pastato statybos kaina, €/m³	Suvartojama energija, kJ/kg		Išskiriamas anglies dioksidas, kg(CO2)/kg		Pastato nugriovimo kaina, €/m³		
	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	
0,098	0,095		0,082		0,081		
x_8	x_9		x_{10}		x_{11}		
w_8	b_8	w_9	b_9	w_{10}	b_{10}	w_{11}	b_{11}
275	350	1,11	2	0,139	0,176	165	210
450	550	1,11	2	0,139	0,176	270	330
500	650	32	56,7	1,317	1,936	300	390
350	400	1,11	2	0,139	0,176	210	240
450	600	1,11	2	0,139	0,176	270	360

3.8 lentelė. Pasvertos ir normalizuotos sprendimų priėmimo matricos duomenys vertinant COPRAS-G metodu
Table 3.8. Weighted and normalized decision - making matrix according COPRAS-G method

Pasvertos ir normalizuotos lyginamųjų rodiklių reikšmės matricioje $\hat{X}$												
Alternatyvos	$\hat{w}_1$	$\hat{b}_1$	$\hat{w}_2$	$\hat{b}_2$	$\hat{w}_3$	$\hat{b}_3$	$\hat{w}_4$	$\hat{b}_4$	$\hat{w}_5$	$\hat{b}_5$	$\hat{w}_6$	$\hat{b}_6$
	1	0,020	0,018	0,020	0,020	0,020	0,019	0,016	0,014	0,016	0,013	0,013
	2	0,020	0,018	0,020	0,020	0,020	0,019	0,016	0,022	0,025	0,021	0,020
	3	0,020	0,018	0,018	0,019	0,020	0,019	0,022	0,022	0,025	0,023	0,024
	4	0,020	0,024	0,020	0,019	0,015	0,014	0,016	0,016	0,012	0,016	0,015
	5	0,020	0,021	0,019	0,018	0,015	0,015	0,014	0,016	0,016	0,012	0,021
$\hat{w}_7$	$\hat{b}_8$	$\hat{w}_8$	$\hat{b}_8$	$\hat{w}_9$	$\hat{b}_9$	$\hat{w}_{10}$	$\hat{b}_{10}$	$\hat{w}_{11}$	$\hat{b}_{11}$			
0,003	0,005	0,013	0,013	0,003	0,003	0,006	0,005	0,011	0,011			
0,020	0,020	0,022	0,021	0,003	0,003	0,006	0,005	0,018	0,017			
0,013	0,015	0,024	0,025	0,083	0,083	0,058	0,060	0,020	0,021			
0,026	0,025	0,017	0,015	0,003	0,003	0,006	0,005	0,014	0,013			
0,026	0,025	0,022	0,023	0,003	0,003	0,006	0,005	0,018	0,019			

Pirmoji alternatyva yra geriausia, jos naudingumo reikšmė yra lygi 100 %. Antrosios alternatyvos, kurios efektyvumo laipsnis yra 77,2 %, turi rangą 2. Ketvirtoji alternatyva su naudingumo laipsniu 76,9 % yra 3. Penktoji alternatyva, turinti naudingumo laipsnį, 69,0 % turi rangą 4. Trečioji alternatyva, kurios naudingumo laipsnis yra 51,9 %, yra prasčiausias pasirinkimas, kuris yra 5. Optimalumo kriterijų vektorius $N_j = [100,0; 77,2; 51,9; 76,9; 69,0]$. Gauti skaičiavimo rezultatai pateikiami 3.11 paveiksle.



3.11 pav. Alternatyvų rangas pagal tyrimo rezultatus
Fig. 3.11. Alternatives ranking according research results

Pagal gautus skaičiavimo rezultatus sudaroma prioritetų eilutė:

$$A_1 \succ A_2 \succ A_4 \succ A_5 \succ A_3$$

3.2.5. Aukštybinio pastato konstrukcinės sistemos įvertinimas pradiname projektavimo etape, taikant TOPSIS “grey” ir SAW-G metodus

Kadangi pradiname projektavimo etape rodiklių informacija aprašyta intervalais, aukštybinio pastato pirminės konstrukcinės sistemos įvertinimui taikomi „TOPSIS grey” (Lin et al. 2008) ir SAW-G metodai (Zavadskas et al. 2010a). Skaičiavimų eiga, taikant „TOPSIS grey” ir SAW-G metodus, pateikiama 3.9–3.11 lentelėse.

3.9. lentelė. Pirminė sprendinių priėmimo matrica su pilkomis reikšmėmis (TOPSIS grey ir SAW-G metodai)
Table 3.9. Initial decision-making matrix with grey values (TOPSIS grey and SAW-G methods)

Alternatyvos	Efektyvus konstrukcinės sistemos aukštėjimas, aukštai		Aukšto aukštis, m		Kolonų žingsnis išilgine pastato linkme, m		Kolonų žingsnis skersine pastato linkme, m		Perdangos tarpataimis, m		Konstrukcinės sistemos projektavimo kaina, €/m ³		Statybos greitis, m ³ /s. D.	
Optimizacijos kryptys	maks.		min.		maks.		maks.		maks.		min.		min.	
Rodiklių reikšmingumai q_i	0,098		0,097		0,090		0,086		0,090		0,094		0,089	
Kriterijai	$\otimes X_1$		$\otimes X_2$		$\otimes X_3$		$\otimes X_4$		$\otimes X_5$		$\otimes X_6$		$\otimes X_7$	
Kriterijų reikšmės išreikštos intervalais	w_1	b_1	w_2	b_2	w_3	b_3	w_4	b_4	w_5	b_5	w_6	b_6	w_7	b_7
A_1	20	30	3,7	4,1	6	12	6	9	4	12	27,5	35	0,5	1
A_2	20	30	3,7	4,1	6	12	6	9	6	18	45	55	3	4
A_3	20	30	3,3	3,9	6	12	6	12	6	18	50	65	2	3
A_4	20	40	3,6	3,9	4,5	9	4,5	9	4,5	9	35	40	4	5
A_5	20	35	3,4	3,6	4,5	9	4,5	9	4,5	9	45	60	4	5
Optimali reikšmė	40		3,3		12		4,5		18		27,5		0,5	

3.9. lentelės tęsinys
Table 3.9 continuation

Pastato statybos kaina, €/m ³	Suvartojama energija, kJ/kg		Išskiriamas anglies dvideginis, kg(CO ₂)/kg		Pastato nugriovimo kaina, €/m ³	
	$\bar{w}_1$	$\bar{b}_1$	$\bar{w}_2$	$\bar{b}_2$	$\bar{w}_3$	$\bar{b}_3$
min.						
0,098						
$\otimes X_8$	$\otimes X_9$		$\otimes X_{10}$		$\otimes X_{11}$	
	$\bar{w}_8$	$\bar{b}_8$	$\bar{w}_{10}$	$\bar{b}_{10}$	$\bar{w}_{11}$	$\bar{b}_{11}$
275	350	2	0,139	0,176	165	210
450	550	2	0,139	0,176	270	330
500	650	32	1,317	1,936	300	390
350	400	2	0,139	0,176	210	240
450	600	2	0,139	0,176	270	360
275	1,11		0,139		165	

3.10 lentelė. Normalizuota sprendinių priėmimo matrica (TOPSIS grey ir SAW-G metodai)
Table 3.10. Normalized decision-making matrix (TOPSIS grey and SAW-G methods)

Alternatyvos	Normalizuotos rodiklių reikšmės											
	$\otimes \bar{X}_1$		$\otimes \bar{X}_2$		$\otimes \bar{X}_3$		$\otimes \bar{X}_4$		$\otimes \bar{X}_5$		$\otimes \bar{X}_6$	
	$\bar{w}_1$	$\bar{b}_1$	$\bar{w}_2$	$\bar{b}_2$	$\bar{w}_3$	$\bar{b}_3$	$\bar{w}_4$	$\bar{b}_4$	$\bar{w}_5$	$\bar{b}_5$	$\bar{w}_6$	$\bar{b}_6$
1	0,500	0,750	1,121	1,242	0,500	1,000	1,333	2,000	0,222	0,667	1,000	1,273
2	0,500	0,750	1,121	1,242	0,500	1,000	1,333	2,000	0,333	1,000	1,636	2,000
3	0,500	0,750	1,000	1,182	0,500	1,000	1,333	2,667	0,333	1,000	1,818	2,364
4	0,500	1,000	1,091	1,182	0,375	0,750	1,000	2,000	0,250	0,500	1,273	1,455
5	0,500	0,875	1,030	1,091	0,375	0,750	1,000	2,000	0,250	0,500	1,636	2,182

3.10. lentelės tęsinys
Table 3.10 continuation

$\otimes \bar{x}_7$		$\otimes \bar{x}_8$		$\otimes \bar{x}_9$		$\otimes \bar{x}_{10}$		$\otimes \bar{x}_{11}$	
$\bar{w}_7$	$\bar{b}_7$	$\bar{w}_8$	$\bar{b}_8$	$\bar{w}_9$	$\bar{b}_9$	$\bar{w}_{10}$	$\bar{b}_{10}$	$\bar{w}_{11}$	$\bar{b}_{11}$
1,000	2,000	1,000	1,273	1,000	1,802	1,000	1,266	1,000	1,273
6,000	8,000	1,636	2,000	1,000	1,802	1,000	1,266	1,636	2,000
4,000	6,000	1,818	2,364	28,829	51,081	9,475	13,928	1,818	2,364
8,000	10,000	1,273	1,455	1,000	1,802	1,000	1,266	1,273	1,455
8,000	10,000	1,636	2,182	1,000	1,802	1,000	1,266	1,636	2,182

3.11 lentelė. Pasverta – normalizuota sprendinių prėmimo matrica (TOPSIS grey ir SAW-G metodai)
Table 3.11. Weighted-normalized decision-making matrix (TOPSIS grey and SAW-G methods)

Alternatyvos	Normalizuotos rodiklių reikšmės											
	$\otimes \hat{x}_1$		$\otimes \hat{x}_2$		$\otimes \hat{x}_3$		$\otimes \hat{x}_4$		$\otimes \hat{x}_5$		$\otimes \hat{x}_6$	
	$\hat{w}_1$	$\hat{b}_1$	$\hat{w}_2$	$\hat{b}_2$	$\hat{w}_3$	$\hat{b}_3$	$\hat{w}_4$	$\hat{b}_4$	$\hat{w}_5$	$\hat{b}_5$	$\hat{w}_6$	$\hat{b}_6$
1	0,049	0,074	0,109	0,121	0,045	0,090	0,115	0,172	0,020	0,060	0,094	0,120
2	0,049	0,074	0,109	0,121	0,045	0,090	0,115	0,172	0,030	0,090	0,154	0,188
3	0,049	0,074	0,097	0,115	0,045	0,090	0,115	0,229	0,030	0,090	0,171	0,222
4	0,049	0,098	0,106	0,115	0,034	0,068	0,086	0,172	0,023	0,045	0,120	0,137
5	0,049	0,086	0,100	0,106	0,034	0,068	0,086	0,172	0,023	0,045	0,154	0,205
A^+	0,098	0,098	0,121	0,121	0,090	0,090	0,229	0,229	0,090	0,090	0,222	0,222
A^-	0,049	0,049	0,097	0,097	0,034	0,034	0,086	0,086	0,020	0,020	0,094	0,094

3.11. lentelės tęsinys
Table 3.11 continuation

										TOPSIS grey metodus				SAW-G metodus	
$\otimes \hat{x}_7$		$\otimes \hat{x}_8$		$\otimes \hat{x}_9$		$\otimes \hat{x}_{10}$		$\otimes \hat{x}_{11}$		d^+	d^-	C^+	Ran _{gas}	L	Ran _{gas}
$\hat{w}_7$	$\hat{b}_7$	$\hat{w}_8$	$\hat{b}_8$	$\hat{w}_9$	$\hat{b}_9$	$\hat{w}_{10}$	$\hat{b}_{10}$	$\hat{w}_{11}$	$\hat{b}_{11}$						
0,089	0,178	0,098	0,125	0,095	0,171	0,082	0,104	0,081	0,103	1,351	1,103	0,449	5	1,253	5
0,534	0,712	0,160	0,196	0,095	0,171	0,082	0,104	0,133	0,162	2,383	2,430	0,505	4	1,959	3
0,356	0,534	0,178	0,232	2,739	4,853	0,777	1,142	0,147	0,191	11,893	13,346	0,529	1	6,369	1
0,712	0,890	0,125	0,143	0,095	0,171	0,082	0,104	0,103	0,118	2,792	2,875	0,507	3	1,950	4
0,712	0,890	0,160	0,214	0,095	0,171	0,082	0,104	0,133	0,177	2,865	2,952	0,507	2	2,086	2
0,890	0,890	0,232	0,232	4,853	4,853	1,142	1,142	0,191	0,191						
0,089	0,089	0,098	0,098	0,095	0,095	0,082	0,082	0,081	0,081						

Aternatyvų išsidėstymo tvarka taikant TOPSIS „grey“ metodą yra:

$$A_3 \succ A_5 \succ A_4 \succ A_2 \succ A_1.$$

Aternatyvų išsidėstymo tvarka taikant SAW-G metodą yra:

$$A_3 \succ A_5 \succ A_2 \succ A_4 \succ A_1.$$

3.2.6. Gautų rezultatų apibendrinimas

Sprendžiant uždavinį skirtingais metodais gaunami panašūs, tačiau ne visiškai vienodi rezultatai. Skaičiavimų rezultatai gauti taikant daugiatikslio vertinimo metodus COPRAS-G, TOPSIS „grey“ ir SAW-G.

Aukštybinių pastatų pirminės konstrukcinės sistemos vertinimo rezultatams palyginti naudojami vidurkio (Hwang, Yoon 1981), Borda (Borda 1781) ir Copeland (Fishburn 1971; Erlandson 1978) metodai.

Rezultatams palyginti sudaroma sprendimų priėmimo matrica sudaryta iš skirtingais metodais gautų prioritetų eilučių (3.12 lentelė).

3.12 lentelė. Palyginimo rezultatai, taikant vidurkio metodą

Table 3.12. Comparison results according average method

Objektai	COPRAS-G	TOPSIS „grey“	SAW-G	Vidurkiai	Bendras rangas
	M_1	M_2	M_3		
A_1	1	5	5	3.67	5
A_2	2	4	3	3	2
A_3	4	1	1	2	1
A_4	3	3	4	3.33	4
A_5	5	2	2	3	3

Remiantis gautais rezultatais sudaroma galutinė prioriteto rangų eilutė:

$$A_3 \succ A_2 \succ A_5 \succ A_4 \succ A_1.$$

Lyginant skirtingų variantų racionalumo poras, sudaroma matrica. Čia 1 reiškia, kad šis variantas yra racionalesnis už variantą, kurio stulpelyje jis yra. 0 reiškia, kad variantas nėra racionalesnis arba jų racionalumas yra vienodas (3.13 lentelė). Paskutinis matricos stulpelis gaunamas sumuojant kiekvieno varianto santykinio racionalumo reikšmes. Paskutinė matricos eilutė gaunama sumuojant vertikaliai.

3.13 lentelė. Palyginimo rezultatai, taikant Borda, Coperland metodus

Table 3.13. Comparison results by applying Borda, Coperland methods

Objektai	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	$\sum P$
A_1	-	0	0	0	0	0
A_2	1	-	0	1	1	3
A_3	1	1	-	1	1	4
A_4	1	0	0	-	0	1
A_5	1	0	0	1	-	2
$\sum N$	4	1	0	3	2	

Remiantis Borda metodu vertinami matricos paskutinio stulpelio nariai. Racionali alternatyva turi didžiausią reikšmę. Gauta alternatyvų, taikant Borda metodą, prioritetų eilutė yra:

$$A_3 \succ A_2 \succ A_5 \succ A_4 \succ A_1.$$

Taikant Copeland metodą racionalus variantas parenkamas iš racionalumo sumos atėmus skaičių paskutinėje eilutėje. Racionali reikšmė yra didžiausia. Gauta alternatyvų prioritetų eilutė:

$$A_3 \succ A_2 \succ A_5 \succ A_4 \succ A_1.$$

3.3. Trečiojo skyriaus išvados

Išsprendus uždavinius pagal gautus rezultatus galima padaryti tokias išvadas:

1. Taikant kompleksinį vertinimo modelį galima parinkti aukštybinių pastatų vietą mieste. Pritaikius uždaviniui spręsti skirtingus vertinimo metodus ir atlikus gautų rezultatų sintezę, nustatyta, kad tinkamiausias Vilniaus miesto atveju yra koncentruotas aukštybinių pastatų išdėstymas miesto pakraščiuose.

2. Daugiapakopį kompleksinį vertinimo modelį galima taikyti racionalios konstrukcinės sistemos iš galimų alternatyvų parinkimui, pirminiame konstrukcijų projektavimo etape, kai konstrukcinės sistemos charakteristikos išreiškiamos intervalais. Pritaikius uždaviniui spręsti skirtingus vertinimo metodus ir atlikus gautų rezultatų sintezę nustatyta, kad rėminė-ryšinė aukštybinių pastatų konstrukcinė sistema, sudaryta iš plieninių sijų, kolonų ir gelžbetoninės perdangos, nagrinėjamu atveju yra efektyviausia.

3. Pateiktas daugiapakopis kompleksinio vertinimo modelis gali būti taikomas ir kities teritorijų planavimo ir pastatų projektavimo uždaviniams spręsti.

Bendrosios išvados

1. Atlikus mokslinius tyrimus nustatyta, kad teritorijų planavimo ir pastato projektavimo etapai išlieka reikšmingi tolimesniam pastato gyvavimo procesui. Nustatyta, kad projektavimo uždavinių modeliai, vertinantys galimas alternatyvas, turi būti sudaromi įvertinant makro-, mezo, mikro aplinkos veiksnius, suinteresuotų grupių poreikius ir turi būti pagrįsti darnos principais. Teritorijų planavimo ir pastato projektavimo etapuose priimti sprendiniai tampa rezultatais pastato statybos, eksploatavimo bei nugriovimo etapuose. Todėl šie etapai taip pat turi būti maksimaliai įvertinti parenkant projektinius sprendinius. Todėl šiems uždaviniams spręsti sudarytas ir pritaikytas daugiapakopis kompleksinis vertinimo modelis, paremtas skirtingais vertinimo metodais.

2. Sudarytas daugiapakopis kompleksinio vertinimo modelis pritaikytas aukštybinių pastatų vietos parinkimui Vilniaus mieste. Atlikus tyrimus nustatyta, kad Vilniaus miesto atveju tinkamiausias yra koncentruotas aukštybinių pastatų išdėstymas miesto pakraščiuose.

3. Daugiapakopis kompleksinio vertinimo modelis gali būti taikomas aukštybinių pastatų išdėstymo mieste specialiojo plano rengimui, taip pat kitų svarbių teritorijų planavimo uždavinių sprendimui bei monitoringui.

4. Sudarytas daugiapakopis kompleksinio vertinimo modelis pritaikytas racionalios konstrukcinės sistemos iš galimų alternatyvų parinkimui pirminiame konstrukcinės sistemos projektavimo etape, įvertinant makro-, mezo, mikroaplinkos veiksnius, suinteresuotų grupių poreikius, darnos principus. Atlikus

mokslineis tyrimus nustatyta, kad pastato konstrukcijų pirminiame projektavimo etape nėra žinomi tikslūs galimi sprendiniai, rodiklių reikšmės apibrėžiamos intervalu. Atlikus gautų rezultatų sintezę, nustatyta, kad rėminė-ryšinė aukštybinių pastatų konstrukcinė sistema, sudaryta iš plieninių sijų, kolonų ir gelžbetoninės perdangos, nagrinėjamu atveju yra efektyviausia.

5. Atlikus mokslinius tyrimus nustatyta, kad daugiapakopis kompleksinio kompleksinio vertinimo modelis gali būti taikomas kaip papildoma priemonė pastato laikančiųjų konstrukcijų parinkimui ir monitoringui pirminiame etape. Galutinis sprendimas turi būti priimamas įvertinus apkrovas, veikiančias pasirinktą konstrukcinę sistemą, ir nustačius tikslus geometrinius konstrukcinių elementų parametrus.

Literatūra ir šaltiniai

Abalos, I.; Herreros, J. 2003. *Tower and office: from modernist theory to contemporary practice*. The Massachusetts institute of technology press. 305 p.

Abohela, I.; Hamza, N.; Dudek, S. 2013. Effect of roof shape, wind direction, building height and urban configuration on the energy yield and positioning of roof mounted wind turbines, *Renewable Energy* 50: 1106–1118.

Aghdaie, M. H.; Zolfani, S. H.; Zavadskas, E. K. 2012. Prioritizing constructing projects of municipalities based on AHP and COPRAS-G: a case study about footbridges in Iran, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 7(2): 145–153.

Antucheviciene, J.; Zolfani S. H. 2013. Team member selecting based on AHP and TOPSIS grey, *Engineering Economics*, 23(4): 425–434.

Antuchevičienė, J. 2005a. *Ekonominės socialinės būklės statinių pasiskirstymo sąsajos Lietuvos kaime*: daktaro disertacija. Technologijos mokslai, statybos inžinerija (02T). Vilnius, VGTU.

Antuchevičienė, J. 2005b. Apleistų pastatų racionalaus naudojimo modeliavimas taikant geoinformacines sistemas, *Geodezija ir kartografija*, 31(4): 129–133.

Aldawoud, A. 2013. The influence of the atrium geometry on the building energy performance, *Energy and Buildings*, 57: 1–5.

Alistratovaitė, I. 2005. Miesto vizualinio įvaizdžio plėtra ir apsauga globalizacijos sąlygomis [City visual identity development in globalization conditions], *Kultūrologija* 13: 284–307.

Akadiri, P. O.; Chinyio, E. A.; Olomolaiye, P. O. 2012. Design of a sustainable building: a conceptual framework for implementing sustainability in the building sector, *Buildings* 2(2): 126–152.

Ali, M. M.; Moon, K. S. 2007. Structural developments in tall buildings: current trends and future prospects, *Architectural Science Review* 50(3): 205–223.

Al-Kodmany, K. 2011. Placemaking with tall buildings, *Urban design international* 16(4): 252–269.

Al-Kodmany, K.; Ali, M. M. 2012. *The future of the city: tall buildings and urban Design*. WIT Press. 445 p.

Avraham, E. 2004. Media strategies for improving an unfavourable city image, *Cities*, 21(6): 471–479.

Arrow, K. J. 1949. Bayes and minimax solutions of sequential decision problems, *Econometrica*, 213–243.

Bakan, J. 2005. *The corporation: the pathological pursuit of profit and power*. New York: Free Press, 228 p.

Barysienė, J. 2012. A multi-criteria evaluation of container terminal technologies applying the COPRAS-G method, *Transport*, 27(4): 364–372.

Balezientienė, L., Streimikiene, D., Balezientis, T. 2013. Fuzzy decision support methodology for sustainable energy crop selection. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 17: 83–93.

Bayoumi, M.; Fink, D.; Hausladen, G. 2013 Extending the feasibility of high-rise façade augmented wind turbines, *Energy and Buildings*, 60: 12–19.

Berge, B. 2012. *The ecology of building materials*. Routledge. 448 p.

Bitarafan, M.; Hashemkhani Zolfani, S.; Arefi, S. L.; Zavadskas, E. K. 2012. Evaluating the construction methods of cold-formed steel structures in reconstructing the areas damaged in natural crises, using the methods AHP and COPRAS-G, *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 12(3): 360–367.

Bojković, N.; Anić, I.; Pejčić-Tarle S. 2010. One solution for cross-country transport-sustainability evaluation using a modified ELECTRE method, *Ecological Economics*, 69(5): 1176–1186.

Butler, T. 2007. Re-urbanizing London docklands: gentrification, suburbanization or new urbanism? *International Journal of Urban and Regional Research*, 31(4): 759–781.

Burinskienė, M.; Rudzkienė, V.; Venckauskaitė, J. 2011. Effects of quality of life on the price of real estate in Vilnius city, *International Journal of Strategic property and Management* 15(3): 295–311.

- Brauers, W. K. M. 2013. Multi-objective seaport planning by MOORA decision making, *Annals of Operations Research*, 1–20.
- Brauers, W. K. M., Kildienė, S., Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A. 2013. The construction sector in twenty European countries during the recession 2008–2009 country ranking by MULTIMOORA. *International Journal of Strategic Property Management*, 17(1): 58–78.
- Brauers, W. K. M.; Zavadskas, E. K. 2010. Project management by MULTIMOORA as an instrument for transition economies, *Technological and Economic Development of Economy*, 16(1): 5–24.
- Brauers, W. K. M.; Zavadskas, E. K. 2006. The MOORA method and its application to privatization in a transition economy, *Control and Cybernetics*, 35(2): 445–469.
- Carmona, M. 2009. The Isle of Dogs: four development waves, five planning models, twelve plans, thirty-five years, and a renaissance... of sorts, *Progress in Planning* 71(3): 87–151.
- Chang, Y.; Ries, R. J.; Lei, S. 2012. The embodied energy and emissions of a high-rise education building: A quantification using process-based hybrid life cycle inventory model, *Energy and Buildings*, 55: 790–798.
- Chatterjee, P.; Chakraborty, S. 2012. Material selection using preferential ranking methods, *Materials and Design*, 35: 384–393.
- Chatterjee, P.; Athawale, V. M.; Chakraborty, S. 2011. Materials selection using complex proportional assessment and evaluation of mixed data methods, *Materials & Design*, 32(2): 851–860.
- Chen, M. F.; Tzeng, G. H. 2004. Combining gray relation and TOPSIS concepts for selecting an expatriate host country, *Mathematical and Computer Modelling*, 40: 1473–1490.
- Choi, W. J.; Huh, J. 2012. Operation and strategies for multistory – double skin facades during the heating season, *Energy and Buildings*, 49: 454–465.
- Choi, I. Y.; Cho, S. H.; Kim, J. T. 2012. Energy consumption characteristics of high-rise apartment buildings according to building shape and mixed-use development, *Energy and Buildings* 46: 123–131.
- Chong, W. T., Pan, K. C., Poh, S. C., Fazlizan, A.; Oon, C. S.; Badarudin, A.; Nik-Ghazali, N. 2013. Performance investigation of a power augmented vertical axis wind turbine for urban high-rise application, *Renewable Energy*, 51: 388–397.
- Chu, D. 2011. Aesthetic visual ecology and urban landscape planning, *Advanced materials research* 255–260: 1479–1483.
- Clark, W.C.; Kingston, J. L. 1930. *The skyscraper: a study in the economic height of modern office buildings*, American Institute of Steel Construction, inc.
- Condit, C.W. 1973. *The Chicago school of architecture: a history of commercial and public building in the Chicago area, 1875-1925*. University of Chicago Press. 238 p.

- Craighead G. 2009. *High-rise security and fire life safety*. Butterworth-Heinemann. 696 p.
- Daunora, Z. J.; Kirvaitienė, S.; Višniūnas, A. 2004. *Vilniaus miesto vizualinio identiteto apsauga ir plėtros principai*. Vilnius: Technika. 152 p.
- Dixit, M. K.; Fernández-Solís, J. L.; Lavy, S.; Culp, Ch. H. 2012. Need for an embodied energy measurement protocol for buildings: A review paper, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6): 3730–3743.
- Dixit, M. K.; Culp, Ch. H.; Fernández-Solís, J. L. 2013. System boundary for embodied energy in buildings: a conceptual model for definition renewable and sustainable, *Energy Reviews*, 21: 153–164.
- Dixit, M. K.; Fernández-Solís, J. L.; Lavy, S.; Culp, Ch. H. 2010. Identification of parameters for embodied energy measurement: a literature review, *Energy and Buildings* 42(8): 1238–1247.
- Dixon, M. 2010. Gazprom versus the skyline: spatial displacement and social contention in St. Petersburg, *International Journal of Urban and Regional Research* 34(1): 35–54.
- Déjus, T. 2011. Safety of technological projects using multi-criteria decision making methods, *Journal of Civil Engineering and Management* 17(2): 177–183.
- Doratli, N.; Hoskara S.O.; Fasli M. 2004. An analytical methodology for revitalization strategies in historic urban quarters: a case study for Walled City of Nicosia, North Cyprus, *Cities* 21(4): 329–348.
- Eisele, J.; Kloft, E. 2003. *High – rise manual*. Basel: Birkhäuser. 240 p.
- Erlandson, R. 1978. System evaluation methodologies: combined multi-dimensional scaling and ordering techniques. *IEEE Trans. On System, Man and Cybernetic* SMC-8(6): 421–432.
- Feng, P.; Xingquan, W. 2011. Sustainable development of high-rise building, *Procedia Engineering* 21: 943–947.
- Fishburn, P. 1971. A comparative analyses of group decision methods, *Behavioral Science*, 16(6): 538–544.
- Fouladgar M. M.; Yazdani-Chamzini A., Lashgari A. 2012a. Maintenance strategy selection using AHP and COPRAS under fuzzy environment, *International Journal of Strategic Property management* 16 (1): 85–104.
- Fouladgar, M. M.; Yazdani-Chamzini, A.; Zavadskas, E. K. 2012b. A new hybrid model for evaluating the working strategies: case study of construction company, *Technological and Economic Development of Economy* 18 (1): 164–188.
- Fujita, M. 2012. Reuse system of building steel structures - structural performance of reusable members and practical examples, *Key Engineering Materials*, 517: 513–521.
- Gaudutis, E. 2011. Criteria describing high-rise buildings, *Science – Future of Lithuania/ Mokslas – Lietuvos Ateitis*, 1(5): 63–67.

Gaudutis, E.; Parasonis, J.; Šipalis, J. 2008. *Aukštybiniai pastatai. Architektūros ir konstrukcinių sprendinių raida*. Vilnius: Technika. 150 p.

Ginevičius, R.; Podvezko, V.; Bruzgė, Š. 2008a. Evaluating the effect of state aid to business by multicriteria methods, *Journal of Business Economics and Management*, 9(3): 167–180.

Ginevičius, R.; Podvezko, V.; Raslanas, S. 2008b. Evaluating the alternative solutions of wall insulation by multicriteria methods, *Journal of Civil Engineering and Management*, 14(4): 217–226.

Ghazinoory, S., Abdi, M.; Azadegan-Mehr, M. 2011. SWOT methodology: a state-of-the-art review for the past, a framework for the future, *Journal of Business Economics and Management*, 12(1): 24–48.

Gordon, D. L. A. 2001. The resurrection of Canary Wharf, *Planning Theory & Practice*, 2(2): 149–168.

Gupta, R.; Sachdeva, A.; Bhardwaj, A. 2012. Selection of logistic service provider using fuzzy PROMETHEE for a cement industry, *Journal of Manufacturing Technology Management* 23(7): 899–921.

Hang, J.; Li, Y.; Sandberg, M.; Buccolieri, R.; Sabatino, S. 2012. The influence of building height variability on pollutant dispersion and pedestrian ventilation in idealized high-rise urban areas, *Building and Environment*, 56: 346–360.

Hearn, G., Wise, D., Hart, A.; Morgan, C. 2012. Assessing the potential for future first-time slope failures to impact the oil and gas pipeline corridor through the Makarov Mountains, Sakhalin Island, Russia, *Journal of Engineering Geology & Hydrogeology*, 45(1): 79–88.

Helsleya, R. W.; Strangeb, W. C. 2008. A game - theoretic analysis of skyscrapers, *Journal of Urban Economics*, 64(1): 49–64.

Hodges, J. L.; Lehmann, E. L. 1952. The use of previous experience in reaching statistical decision, *Annals of Mathematics Studies*, 396–407.

Howeler, E. 2003. *Skyscraper design of the recent past and the near future*. Thames & Hudson. 240 p.

Hu, T.; Yoshie, R. 2013. Indices to evaluate ventilation efficiency in newly-built urban area at pedestrian level, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 112: 39–51.

Hurwicz, L. 1951. *Optimality criteria for decision making under ignorance*. Cowles Commission Paper, Statistics. 370 p.

Home, R. 1990. Planning around London's megaproject: Canary Wharf and the Isle of Dogs, *Cities*, 7(2): 119–124.

Hong, T.; Ji, Ch.; Park, H. 2012. Integrated model for assessing the cost and CO₂ emission (IMACC) for sustainable structural design in ready-mix concrete, *Journal of Environmental Management*, 103: 1–8.

Hopkins, M. 2007. *Corporate social responsibility and international development: is business the solution?* Earthscan. 243 p.

Huang, T.; Shi, F.; Tanikawa, H.; Fei, J.; Han, J. 2013. Materials demand and environmental impact of buildings construction and demolition in China based on dynamic material flow analysis resources, *Conservation and Recycling*, 72: 91–101.

Hui, Y.; Yoshida, A.; Tamura, Y. 2013. Interference effects between two rectangular-section high-rise buildings on local peak pressure coefficients, *Journal of Fluids and Structures*, 37: 120–133.

Hui, Y.; Tamura, Y.; Yoshida, A. 2012. Mutual interference effects between two high-rise building models with different shapes on local peak pressure coefficients, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 104: 98–108.

Hui, Y.; Tamura, Y.; Yoshida, A.; Kikuchi, H. 2013. Pressure and flow field investigation of interference effects on external pressures between high-rise buildings, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 115: 150–161.

Hwang, C. L.; Yoon, K. 1981. *Multiple attribute decision making – methods and application*. Springer-Verlag, Berlin.

Ikonikov, A. V. 1972. *Architecture of the city: aesthetic composition problems*. 224 p. (in Russian).

Ikonikov, A. V.; Stepanov, G. P. 1963. *Aesthetic of socialist city*. 288 p. (in Russian).

Irwin, P.; Kilpatrick, J.; Robinson, J.; Frisque, A. 2008. Wind and tall buildings: negatives and positives, *The Structural Design of Tall and Special Buildings Special Issue: CTBUH 2nd Annual Special Edition: Tall Sustainability*, 17(5): 915–928.

Jakimavičius, M.; Burinskienė, M. 2009. Assessment of Vilnius city development scenarios based on transport system modeling and multicriteria analysis, *Journal of Civil Engineering and Management* 15(4): 361–368.

Janssen, W. D.; Blocken, B.; Hooff, T. 2013. Pedestrian wind comfort around buildings: comparison of wind comfort criteria based on whole-flow field data for a complex case study, *Building and Environment*, 59: 547–562.

Jiao, Y.; Lloyd, C. R.; Wakes, S. J. 2012. The relationship between total embodied energy and cost of commercial buildings, *Energy and Buildings*, 52: 20–27.

Kabir, G.; Sadiq, R.; Tesfamariam, S. 2013. A review of multi-criteria decision-making methods for infrastructure management, *Structure and Infrastructure Engineering*, 1–35.

Kaklauskas, A.; Zavadskas, E. K.; Naimavičienė, J.; Krutinis, M.; Plakys, V.; Venskus, D. 2010. Model for a complex analysis of intelligent built environment, *Automation in Construction*, 19(3): 326–340.

Kalibatas, D.; Turskis, Z. 2008. Multicriteria evaluation of inner climate by using MOORA method. *Information technology and control*, 37(1): 79–83.

Kang, M. S. 2013. Applications of FANP and BOCR in Renewable Energy – Study on the Choice of the Sites for Wind Farms. *Industry Applications, IEEE Transactions on* 49(2): 982–989.

Kendall, D.G. 1981. The statistics of shape. Interpreting multivariate data, 75–80.

Keršulienė, V.; Turskis, Z. 2011. Integrated fuzzy multiple criteria decision making model for architect selection, *Technological and economic development of economy*, 17(4): 645–666.

Kildiene, S. 2013. Assessment of opportunities for construction enterprises in European Union member states using the MULTIMOORA method, *Procedia Engineering*, 57: 557–564.

Klügel, J. U. 2011. Uncertainty analysis and expert judgment in seismic hazard analysis, *Earth and environmental science* 168(1): 27–53.

Khoukhi, M.; Al-Maqbali, A. 2011. Stack pressure and airflow movement in high and medium rise buildings, *Energy Procedia* 6: 422–431

Korom, J. J. 2008. *The american skyscraper 1850–1940*. Branden books. 540 p.

Kua, H. W.; Wong, Ch, L. 2012. Analyzing the life cycle greenhouse gas emission and energy consumption of a multi-storied commercial building in Singapore from an extended system boundary perspective, *Energy and Buildings* 51: 6–14.

Kracka, M.; Brauers, W. K. M.; Zavadskas, E. K. 2010. Ranking heating losses in a building by applying the MULTIMOORA. *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 21(4): 352–359.

Laplace, Pierre-Simon (1814). *Essai philosophique sur les probabilités*. Paris: Courcier.

Latur, A. 2007. *Moscow 1890–2001. Contemporary architecture guide*. 440 p. (in Russian).

Lee, S.; Joo, J.; Kim, J. T.; Kim, S. 2012. An analysis of the CO2 reduction effect of a column-beam structure using composite precast concrete members, *Indoor and Built Environment* 21(1): 150–162.

Leeuwen T. A. P. 1986. *The skyward trend of thought: five essays on the metaphysics of the american skyscraper*. AHA books. 192 p.

Li, P.; Wu, J.; Qian, H. 2012. Groundwater quality assessment based on rough sets attribute reduction and TOPSIS method in a semi-arid area, China, *Environmental Monitoring and Assessment* 184(8): 4841–4854.

Lietuvos Respublikos teritorijų planavimo įstatymas. 1995 m. 12, Nr. I-1120, 2006.06.08 redakcija.

Ling, F. Y. Y.; Pham, V. M. C.; Hoang, T. P. 2009. Strengths, weaknesses, opportunities, and threats for architectural, engineering, and construction firms: case study of Vietnam, *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 135(10): 1105–1113.

- Lin, Y.-H.; Lee, P.-C.; Chang, T.-P., Ting, H.-I. 2008. Multi-attribute group decision making model under the condition of uncertain information, *Automation in Construction*, 17(6): 792–797.
- Lohmeyer, A.; Fasslrunner, H.; Schmitt, H.; Fehrenbach, K. 1988. Case study: Quantitative determination of the pedestrian comfort near a high-rise building, *Energy and Buildings*, 11(1–3): 149–156
- Nwogugu, M. 2006. Decision-making, risk and corporate governance: New dynamic models/ algorithms and optimization for bankruptcy decisions, *Applied Mathematics and Computation*, 179(1): 386–401.
- MacCrimon, K. R. 1968. *Decision making among multiple attribute alternatives: A survey and consolidated approach*, Rand Memorandum, R M -4823-ARPA.
- Maitland, J. 1891. *The american slang dictionary*. RJ Kittredge & Company.
- Maity, S. R.; Chatterjee, P.; Chakraborty, S. 2012. Cutting tool material selection using grey complex proportional assessment method, *Materials & Design*, 36: 372–378.
- McNeill, D. 2002. The mayor and the world city skyline: London's tall buildings debate, *International Planning Studies*, 7(4): 325–334.
- Medineckienė, M.; Björk, F. 2011. Owner preferences regarding renovation measures – the demonstration of using multi-criteria decision making, *Journal of Civil Engineering and Management*, 17(2): 284–295.
- Medineckienė, M.; Turskis Z.; Zavadskas E. K. 2010. Sustainable construction taking into account the building impact on the environment, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 18(2): 118–127.
- Moon, K. Y. 2012. Diagrid structures for complex-shaped tall buildings trends in buildings, *Advanced Materials Research*, (450–451): 1489–1492.
- Moon, K. S. 2008. Sustainable structural engineering strategies for tall buildings, *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 17(5): 895–914.
- Motieka, S. 2009. Besiformuojančio Vilniaus moderniojo centro urbanistinis modelis, *Urbanistika ir architektūra*, 33(4): 195–201.
- Morris, W. 1981. *The american heritage dictionary of the english language*. Boston: Houghton Mifflin. 1550 p.
- Mulliner, E.; Smallbone, K.; Maliene, V. 2013. An assessment of sustainable housing affordability using a multiple criteria decision making method, *Omega*, 41(2): 270–279.
- Muschik, E. 1975. Risiko bei Auslegung und Betrieb elektrischer Energieanlagen, *Elektrie*. Heft 5, 1983: 227–228.
- Murray, J.; Thomson, M. E.; Cooke, D. J.; Charles, K. E. 2011. Influencing expert judgment: Attributions of crime causality, *Legal and Criminological Psychology*, 16(1): 126–143.

- Ng, E. 2012. *Designing high-density cities: For social and environmental sustainability* Routledge. 384 p.
- Pagonis, T.; Thornley, A. 2002. The western urban development model meets Moscow politics, *GeoJournal Library*, 74(3): 169–183.
- Parasonis, J. 2008. *Basics of buildings structure design*. Vilnius: Technika. 219 p. (in Lithuanian).
- Parasonis, J.; Gaudutis, E. 2009. Origin and evolution of high-rise buildings, *Town Planning and Architecture* 33(3): 158–172.
- Peças, P.; Ribeiro, I.; Silva, A.; Henriques, E. 2013. Comprehensive approach for informed life cycle-based materials selection, *Materials & Design* 43: 220–232.
- Peldschus, F.; Zavadskas, E. K. 2005. Fuzzy matrix games multicriteria model for decision-making in engineering, *Informatica* 16(1): 107–120.
- Podvezko, V. 2011. The comparative analysis of MCDA methods SAW and COPRAS, *Inžinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 22(2): 134–146.
- Price, L.; Sinton, J.; Worrell, E.; Phylipsen, D.; Xiulian, H.; Ji, L. 2001. Energy use and carbon dioxide emissions from steel production in China, *Energy*, 27(5): 249–446.
- Qian, Y. M.; Jin, J. Y.; Tian, W. 2012. Research on applying the reborn resource and new materials for energy saving and protecting environment in the design of green ecological residential building design at the super cold district, *Applied Mechanics and Materials*, 152–154: 826–834.
- Quan, Z.; Qisheng, G.; Jinhua, G. 2008. New approach to multiple attribute decision making with interval numbers, *Journal of Systems Engineering and Electronics*, 19(2): 304–310.
- Uematsu, Y.; Yamada, M.; Higashiyama, H.; Orimo, T. 1992. Effects of the corner shape of high-rise buildings on the pedestrian-level wind environment with consideration for mean and fluctuating wind speeds, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 44(1–3): 2289–2300.
- Peldschus, F.; Zavadskas, E. K.; Turskis, Z.; Tamošaitienė, J. 2010. Sustainable assessment of construction site by applying game theory, *Inžinerine ekonomika-Engineering economics*, 3(21): 223–237.
- Ražaitis, V. 2004. *Basics of building construction*. Vilnius: Dailės akademijos leidykla. 325 p. (in Lithuanian).
- Roozbahani, A.; Zahraie, B.; Tabesh, M. 2012. PROMETHEE with precedence order in the criteria (PPOC) as a new group decision making aid: An application in urban water supply management, *Water Resources Management* 26(12): 3581–3599.
- Rosales, N. 2011. Towards the modeling of sustainability into urban planning: Using indicators to build sustainable cities. *Procedia Engineering*, 21: 641–647.
- Saaty, T. L. 1990. How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 48(1): 9–26.

Saaty, T. L.; Vargas, L.G. 2013a. US energy security. *Decision Making with the Analytic Network Process*. 195: 185–211.

Saaty, T.L., Vargas, G.L. 2013b. When shall Poland enter the euro zone? *Decision Making with the Analytic Network Process*. 195, 235–253.

Savage, L. J. 1951. The Theory of statistical decision, *Journal of the American Statistical Association*, 55–57.

Sarkisian, M. P. 2011. *Design tall buildings: Structure as architecture*. Routledge. 224 p.

Staniūnas, E. 2005. *Miestų planavimo nuostatų kaita XX a. Vakarų Europoje*. Vilnius: Technika. 144 p.

STR 1.01.09:2003 „Statinių klasifikavimas pagal jų naudojimo paskirtį“. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. 11 p.

STR 2.02.01:2004 „Gyvenamieji pastatai“. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. 35 p.

STR 1.01.06:2010 „Ypatingi statiniai“. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. 8 p.

STR 1.01.07:2010 „Nesudėtingi statiniai“. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. 8 p.

Simanavičienė, R.; Liaudanskienė, R.; Ustinovičius, L. 2012. A new synthesis method of structural, technological and safety, decisions (SyMAD-3), *Journal of Civil Engineering and Management* 18(2): 265–276.

Sivilevičius, H. 2011a. Modelling the interaction of transport system elements, *Transport* 26(1): 20–34.

Sivilevičius, H. 2011b. Application of expert evaluation method to determine the importance of operating asphalt mixing plant quality criteria and rank correlation, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 6(1): 48–58.

Shen, L.; Tam, W. Y. V.; Tam, L.; Ji, Y. 2010. Project feasibility study: The key to successful implementation of sustainable and socially responsible construction management practice, *Journal of Cleaner Production*, 18(3): 254–259.

Shih, H.-S. 2008. Incremental analysis for MCDM with an application to group TOPSIS, *European Journal of Operational Research* (186)2: 720–734.

Schueller, W. 1977. *High-rise building structures*. Willey. 274 p.

Šaparauskas, J.; Zavadskas, E. K.; Turskis, Z. 2011. Selection of facade's alternatives of commercial and public buildings based on multiple criteria, *International Journal of Strategic Property Management*, 15(2): 189–203.

Šliogerienė, J.; Kaklauskas, A.; Štreimikienė, D.; Bianchi, M. 2012. Multiple criteria decision support system for the assessment of energy generation technologies considering the dimension of values, *International journal of strategic property management*, 16(4): 370–391.

Pasquay T. 2004. Natural ventilation in high-rise buildings with double facades, saving or waste of energy, *Energy and Buildings*, 36: 381–389.

Tamošaitienė, J. 2009. *Daugiatiksliis valdymo sprendinių vertinimas statybos planavimo etape: daktaro disertacija*. Technologijos mokslai, statybos inžinerija (02T). Vilnius, VGTU.

Taranath, B. 1998. *Steel, Concrete, & Composite Design of Tall Buildings*. New York: McGraw-Hill. 1024 p.

Tupėnaitė, L.; Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Turskis, Z. 2010. Multiple criteria assessment of alternatives for built and human environment renovation, *Journal of Civil Engineering and management*, 16(2): 257–266.

Turskis, Z.; Zavadskas, E. K.; Kutut, V. 2013. Model based on ARAS-G and AHP methods for multiple criteria prioritizing of heritage value, *International journal of information technology & decision making*, 12(1): 45–73.

Turskis, Z.; Zavadskas, E. K. 2010a. A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making, *Technological and Economic Development of Economy*, 16(2): 159–172.

Turskis, Z.; Zavadskas, E. K. 2010b. A novel method for multiple criteria analysis: grey additive ratio assessment (ARAS-G) method, *Informatica*, 21(4): 597–610.

Turskis, Z.; Zavadskas, E. K.; Zagorskas, J. 2006. Sustainable city compactness evaluation on the basis of GIS and Bayes rule, *International Journal of Strategic Property Management*, 10(3): 185–207.

Yang, T.; Chen, M.-Ch.; Hung, Ch.-Ch. 2007. Multiple attribute decision-making methods for the dynamic operator allocation problem, *Mathematics and Computers in Simulation*, 73(5): 285–299.

Yuan, Y.; Yuan, J.; Du, H.; Li, L. 2012. An improved multi-objective ant colony algorithm for building life cycle energy consumption optimization, *International Journal of Computer Applications in Technology*, 43(1): 60–66.

Ustinovičius, L.; Barvidas, A.; Vishnevskaja, A.; Ashikhim, I. V. 2011. Multicriteria verbal analysis of territory planning system's models from legislative perspective, *Journal of Civil Engineering and Management*, 17(1): 16–26.

Ustinovičius, L.; Rasiulis, R.; Ignatavičius, Č.; Vilutienė, T. 2012. Analysis of waterproofing defects and technology development for car parking roofs: Lithuanian case, *Journal of Civil Engineering and Management*, 18(4): 519–529.

Vural-Arslan, T.; Dostoglu, N.; Koprulu-Bagbanci, O.; Akinciturk, N. 2011. Sustainable revitalization as a tool for regenerating the attractiveness of inner-city historic commercial district: Han District as a case, *Urban design international*, 16(3): 188–201.

Wang, Y. M.; Yang, J.B.; Xu, D. L.; Chin, K. S. 2006. The evidential reasoning approach for multiple attribute decision analysis using interval belief degrees, *European Journal of Operational Research*, 175 (1): 35–66.

- Ward, D.; Zunz, O. 1997. *The landscape of modernity: New York City, 1900–1940*. JHU Press, 370 p.
- Werner, F. J. 1971. *Strategische Modelle in der Electroenergieversorgung*: Disertation A, IH Zittau.
- Willis, C. 1995. *Form follows finance*. Princeton Architectural Press. 217 p.
- Wong, M. S.; Nichol, J.; Ng, E. 2011. A study of the “wall effect” caused by proliferation of high-rise buildings using GIS techniques, *Landscape and Urban Planning* 102(4): 245–253.
- Zadeh, L. 1965. A. Fuzzy Sets, *Information and control*, 8(3): 338–353.
- Zavadskas, E. K.; Antucheviciene, J.; Šaparauskas, J.; Turskis, Z. 2013. Multi-criteria assessment of facades’ alternatives: Peculiarities of ranking methodology, *Procedia Engineering*, 57: 107–112.
- Zavadskas, E. K.; Sušinskas, S.; Daniūnas, A.; Turskis, Z.; Sivilevičius, H. 2012a. Multiple criteria selection of pile-column construction technology, *Journal of Civil Engineering and Management* 18(6): 834–842.
- Zavadskas, E. K.; Vainiūnas, P.; Turskis, Z.; Tamošaitienė, J. 2012b. Multiple criteria decision support system for assessment of projects managers in construction, *International journal of information technology & decision making*, 11(2): 501–502.
- Zavadskas, E. K.; Turskis, Z.; Tamosaitiene, J. 2011a. Selection of construction enterprises management strategy based on the SWOT and multi-criteria analysis, *Archives of Civil and Mechanical Engineering* 11(4): 1063–1082.
- Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Turskis, Z.; Tamošaitienė, J.; Kalibatas, D. 2011b. Assessment of the indoor environment of dwelling houses by applying the COPRAS-G method: Lithuania case study, *Environmental Engineering and Management Journal* 10(5): 637–647.
- Zavadskas, E. K.; Vilutienė, T.; Turskis, Z.; Tamošaitienė, J. 2010a. Contractor selection for construction works by applying SAW-G and TOPSIS grey techniques, *Journal of Business Economics and Management* 11(1): 34–55.
- Zavadskas, E.K.; Turskis, Z.; Tamosaitiene J. 2010b. Risk assessment of construction projects, *Journal of Civil Engineering and Management* 16(1): 33–46.
- Zavadskas, E. K.; Turskis, Z.; Tamošaitienė, J. 2010c. Multi-criteria decision making of management effectiveness of construction enterprises based on the SWOT and MCDM, in *Proceedings 6th International Scientific Conference Business and Management 2010*. Selected papers 2: 1127–1132.
- Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Vilutiene, T. 2010d. Multiple criteria analysis of foundation instalment alternatives by applying Additive Ratio Assessment (ARAS) method, *Archives of civil and mechanical engineering*, 10(3): 123–141.
- Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Turskis, Z.; Tamošaitienė, J. 2009. Multi-attribute decision-making model by applying grey numbers, *Informatica*, 20(2): 305–320.

- Zavadskas, E. K.; Turskis, Z.; Tamošaitienė, J. 2008a. Contractor selection of construction in a competitive environment, *Journal of Business Economics and Management* 9(3): 181–187.
- Zavadskas, E. K.; Turskis, Z.; Tamošaitienė, J.; Marina, V. 2008b. Multicriteria selection of project managers by applying grey criteria, *Technological and economic development of economy*, 14(4): 462–477.
- Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Peldschus, F.; Turskis, Z. 2007. Multi-attribute assessment of road design solution by using the COPRAS method, *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 2(4): 195–203.
- Zavadskas, E. K.; Peldschus, F.; Ustinovičius, L.; Turskis, Z. 2004. *Lošimų teorija statybos technologijoje ir vadyboje*. Vilnius: Technika. 196 p.
- Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A. 1996. *Multiple criteria evaluation of buildings*. Vilnius: Technika.
- Zavadskas, E. K. 1987. *Complex estimation and choice of resource saving decisions in construction*. Vilnius: Mokslas (in Russian).
- Zhang, Y.; Chen, D.; Chen, L.; Ashbolt, S. 2009. Potential for rainwater use in high-rise buildings in Australian cities, *Journal of Environmental Management*, 91(1): 222–226.
- Zolfani, S. H.; Zavadskas, E. K.; Turskis, Z. 2011. Forest roads locating based on AHP and COPRAS-G methods: an empirical study based on Iran, *E+M Ekonomie a Management*, 14(4): 6–21.
- Zolfani, S.H.; Sedaghat, M.; Zavadskas E.K. 2012a. Performance evaluating of rural ICT centers (telecenters), applying Fuzzy AHP, SAW-G and TOPSIS Grey, a case study in Iran. *Technological and Economic Development Of Economy*, 18(2): 364–387.
- Zolfani, S. H.; Chen, I.; Rezaeiniya, N.; Tamosaitiene, J. 2012b. A hybrid MCDM model encompassing AHP and COPRAS-G methods for selecting company supplier in Iran, *Technological and Economic Development of Economy* 18 (3): 529–543.
- Zuo, J.; Read, B.; Pullen, S.; Shi, Q. 2012. Achieving carbon neutrality in commercial building developments – Perceptions of the construction industry, *Habitat International* 36(2): 278–286.
- Zhanga, J.; Wub, D.; Olson, D. L. 2004. The method of grey related analysis to multiple attribute decision making problems with interval numbers, *Mathematical and Computer Modelling* 40(13): 1473–1490.
- Магай, А.А. 2007. *Архитектура высотных зданий*. Москва: Окей- книга. 288 с.
- Козак Ю. 1986. *Конструкций высотных зданий*. Москва: Стройиздат. 306 с.

Autoriaus publikacijų disertacijos tema sąrašas

Straipsniai recenzuojamuose mokslo žurnaluose

Tamošaitienė, J.; Gaudutis, E. 2013a. Complex assessment of structural systems used for high-rise buildings (Kompleksinis aukštybinių pastatų konstrukcinių sistemų vertinimas), *Journal of Civil Engineering and Management* 17(1): 92–108. ISSN 1392-3730 (print), ISSN 1822-3605 (online) (*ISI Web of Science*), doi: 10.3846/13923730.2013.772071.

Tamosaitiene, J.; Šipalis, J.; Banaitis, A.; Gaudutis, E. 2013b. Complex model for the assessment of high-rise buildings in the urban structure (Kompleksinis aukštybinių pastatų išdėstymo miesto urbanistinėje struktūroje vertinimo modelis). *International Journal of Strategic Property Management* 19(2): 305–317. ISSN 1648-715X (Print), 1648-9179 (Online) (*ISI Web of Science*), doi: 10.3846/1648715X.2013.781968

Gaudutis, E. 2009. Aukštybinių pastatų apibūdinimo kriterijai, *Mokslas – Lietuvos ateitis* 1(5): 63–67. ISSN 2029-2341.

Straipsniai kituose leidiniuose

Tamošaitienė, J., Gaudutis, E., & Kračka, M. 2013c. Integrated Model for Assessment of High-Rise Building Locations (Kompleksinis aukštybinių pastatų išdėstymo vertinimo modelis). *Procedia Engineering*, 57, 1151–1155. ISSN 1877-7058.

Tamošaitienė, J.; Parasonis J.; Gaudutis E. 2012. The assessment model of a high-rise building initial structural system selection by applying multi-criteria methods (Aukštybinių pastatų konstrukcinės sistemos parinkimo modelis pirminiame projektavimo etape, taikant daugiatikslius vertinimo metodus)// *Proceedings of the 3rd International Conference Advanced Construction*, Kaunas, 18–19 October, 2012/ Kauno technologijos universitetas, Lietuvos mokslų akademija. Kaunas: Technologija, p. 154–160. ISSN 2029-1213.

Gaudutis, E. 2008. Dangaus tiltai. Architektūrinių ir konstrukcinių sprendinių raida, iš *11-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“, įvykusios balandžio 2–4 dienomis, straipsnių rinkinys*. Vilnius: Technika, 293–302. ISBN 978-9955-28-319-5.

Summary in English

Formulation of the problem

Development of decision-making models becoming a rational basis for the territory planning and buildings design, which have significant effect on building construction operation, renovation, demolition stages where they effect on intermediate or final results. The problem remains that the decision-making on different territory planning and building design necessary to take into account a large number of indicators. Sometimes it's impossible to achieve the best results. In order to reconcile interests of different stakeholder groups and to assess the external environmental factors which have effect on solutions, applied complex multi-stage decision making model based on different multi-criteria decision making methods.

Research relevance

Usually building life-cycle process comprehensible as a separate phenomenon, but practice shows that this process is closely related to territory planning, which made decision have influence on building life-cycle process efficiency. Territory planning for high-rise buildings starts from high-rise building location in city urban structure. For this purpose is prepared high-rise building location in the city special plan. Problem is that there is not enough taken into account macro-, meso- and micro- environment factors and interested groups needs. Regarding to large amount of indicators on building design stage it's hard to get good results. In the dissertation given a complex multi-stage decision making model which can help to solve this problem.

Research object

Research object is high-rise building design solutions complex assessment in initial high-rise buildings location during special plan preparation stage and high-rise buildings structural system design stage, using created complex assessment model, which consist of different assessment methods. High-rise buildings were selected for their significant effect on city skyline, panoramic views, cityscapes, plan and spatial structure, urban environment physical quality, buildings compositions, internal spaced design structural solutions which directly depend on building high and internal space organisation peculiarities, design and construction costs.

Main objective

Create high rise buildings design solutions complex multi-stage assessment model which substantiated by different decision making and assessment methods.

Main tasks

In order to achieve result it must be investigated the following tasks:

1. Analyze macro-, meso-, micro- environment factors, determined connections of interested groups which take a part in the process.
2. To create indicators system, which allows to assess territory planning and building design solutions in sustainability aspect.
3. To create complex multi-stage decision making model, based on different assessment methods and adapt for practical tasks solution.

Research methods

In dissertation used modeling, analysis, different assessment methods, expert judgement SAW COPRAS-G, game theory, MOORA, MULTIMOORA, „TOPSIS grey“, SAW-G and received results synthesis.

Scientific novelty and originality

1. Defined the most important macro-, meso-, micro- factors and interested groups which have effect on territory planning and high-rise buildings design processes.
2. Presented sustainability aspects which possible to apply for high-rise buildings on territory planning and high-rise building design processes.
3. Created complex multi-level architectural and structural solutions assessment model, which can be used for various territory planning and building design solutions assessment.

Practical value

A complex multi-stage decision making model can be applied during territory planning process for special plan of high-rise buildings location preparation based on sustain-

nability principles and territory planning solutions monitoring. It can be applied for architectural and structural solutions assessment on building design stage. The model can be applied for specific parcel detail plan preparation, for finding right place for high-rise building from several alternatives on goals setting stage. For selecting building architectural and structural solutions assessment during building design stage and solutions monitoring. Then it's necessary to assess a lot of indexes in micro-, mezo- and macro- environment and combine together needs of different in process involved interested groups.

Basic statements to be defended

1. According literature sources analysis it can be created multi-stage complex decision making model for buildings design solutions selection and assessment, based on various decision making methods.
2. Using developed multi-stage complex assessment model it's possible to select high-rise buildings place during special plan preparation stage and to assess building structural system on initial building structural system design stage.

Approval of the research results

Six scientific articles were published on topic of dissertation topic: two of them were published in the science journals included in the database of *ISI Thomson Reuters* (Tamošaitienė *et al.* 2013a; Tamošaitienė *et al.* 2013b), one was published in other journal (Gaudutis 2009), three were published in the reviewed materials of international and national conferences (Tamošaitienė *et al.* 2013; Tamošaitienė *et al.* 2012; Gaudutis 2008). Six reports of the topic of the dissertation were published in the conferences:

- An international conference „11-th International Conference Modern Building Materials, Structures and Techniques“, 2013, Vilnius;
- An international conference „3rd International Conference Advanced constructions” 2012, Kaunas;
- An international conference „25-th European conference on operational research”, 2012, Vilnius;
- 13-th conference of young scientists “Science – Future of Lithuania” 2010, Vilnius;
- 12-th conference of young scientists “Science – Future of Lithuania” 2009, Vilnius;
- 11-th conference of young scientists “Science – Future of Lithuania” 2008, Vilnius;

The structure of the dissertation

The dissertation consist of introduction, three chapters, general conclusions and a list of references. The total scope of dissertation – 140 pages, without annexes, 24 figures, 22 tables and 195 references.

1. High-rise buildings architectural and structural solutions

In research following the idea which is common in Lithuania that architecture starts from district, street composition and finally ends with building architectural solutions and building interior. High-rise buildings location in modern European city remains relevant to over a long period of time formed city's cultural, ecological social and economic climate. New large scale buildings can also have a negative visual impact on surrounding area. This task usually solving during special plan for high-rise buildings location in the city or in additional part preparation process. During special plan preparation it's necessary to reach a compromise between the city government requirements and business needs. During this process it's very important take into account needs of various interested groups and external macro-, meso- and micro- level factors and sustainability principles such as: environmental quality, abstemious resource use, pollution reduction. Building architectural solutions which not only individual companies, the visual image of the city, but also forms the country's face. In this case difficult to pursue new buildings of architectural quality. The choice of building construction system is not enough to rely on purely technical – economic requirements.

Today more important acquire the principles of sustainability to be assessed and costs related not only to construction equipment on site, but also during operation, building renovation and demolition stages. To achieve these goals both in high-rise buildings location and structural alternatives assessment can be applied multi-criteria decision making methods.

2. Complex solutions assessment

Decision-making process is everyone's daily routine. It is a complicated process which requires to take into account a number of indicators. It was created complex multi-stage decision making model to reach setted goals.

The first step is problem description describing parameters that depend on interested groups needs, different macro-, meso-, micro- environment factors that have an impact on many levels and in all areas. There are different MCDM (Multi Criteria Decision Making) methods, which can be used for tasks solution, according to the nature of available information. In additional cases to reach setted goals is necessary to use a few different decision making methods. It's necessary to create complex multi-stage decision making model, which include information analysis, problem description. The solution process can be divided into the following steps Figure 1S. Various assessment methods can be applied to complex multi-stage decision-making model, which selection depends from available data type.

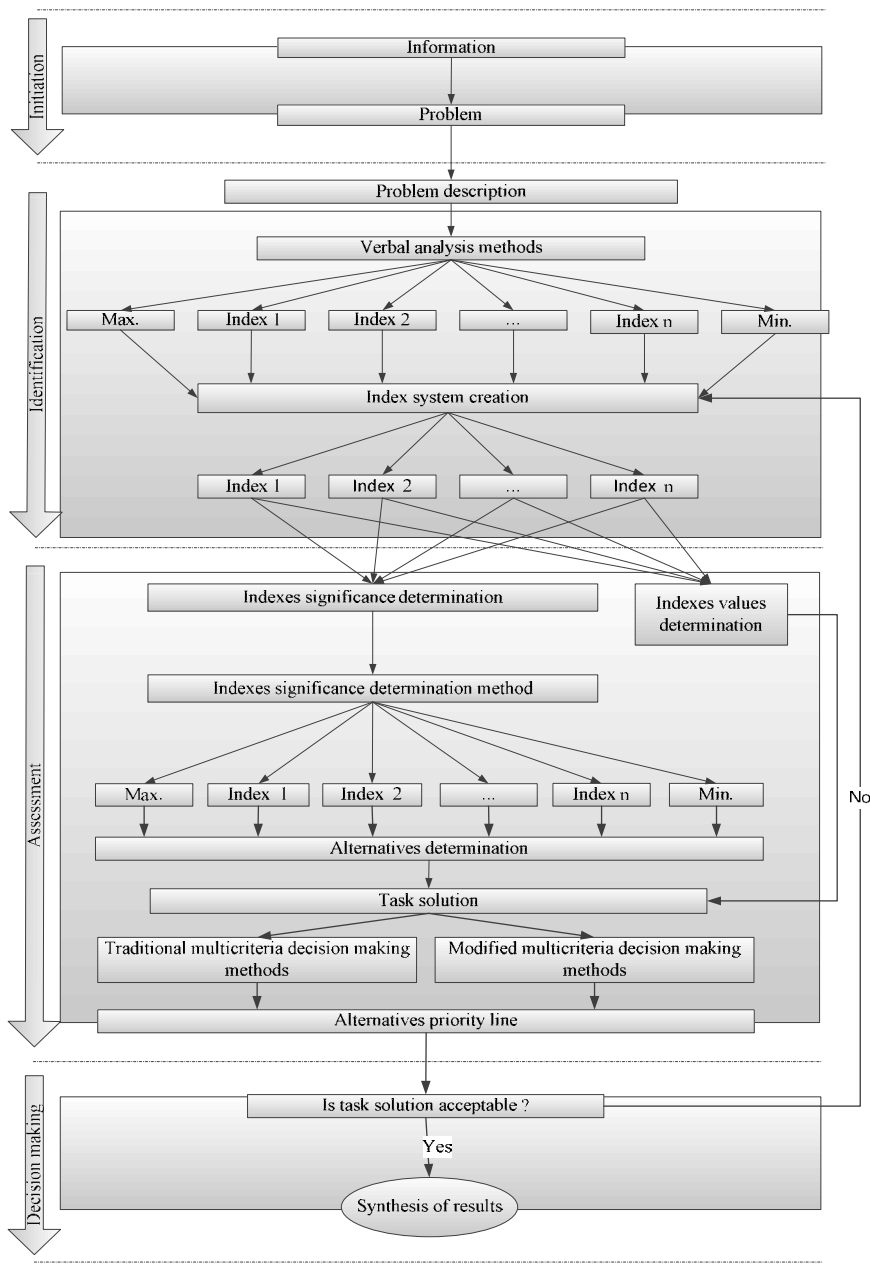


Fig. 1S. Multi-stage decision assessment model

The first stage – initiation, which includes information analysis, problem formulation, task goals determination. The next step is identification, which consist of problem description created indicators system and their importance and values determination. In additional cases it can be used verbal analysis methods such as SWOT. BOCR, which can help to create indicators system, based on verbal information. The next multi-stage decision making model step is assessment. To determinate the significance of the indicators it can be used expert judgement, AHP or other methods. In some cases then we deal with verbal type of information, to determinated indicators values we can use the same methods. In other cases we use data taken from manuals or use experiments results. The next step is alternatives determination which can be compared with each other during task solution process. For complex decision-making can be applied to a various assessment methods. In order to achieve the appropriate results must be selected and rational, simple, decision-making method adequate (equivalent) to analyzed problem and available data type. For analysis is possible to use traditional or modified multicriteria decision making methods which belongs from available data. As result is priority line, determining ranks of alternatives from the best to the worst. The last stage is decision making according assessment results. If during research were used a several multi-criteria decision making methods is necessary perform synthesis of obtained results.

3. High-rise buildings design solutions assessment

Impact of high rise buildings on urban silhouette today becomes more evident, implementation individual, significant visual identity of the city, projects. Urban development coordination process for achieving the maximum benefit, become serious challenge for urban planers and city administration. High-rise buildings layout models change the existing urban center weight, making the new attraction points in the urban tissue, people everyday travel and visiting frequency, ensure further prosperity of the region, creating a attractive business climate for potencial investors. The first task is to find the most appropriate high-rise buildings location ways in Vilnius city from possible alternatives. High-rise buildings distinguish by their size from surrounding area and often become inherent accents of modern business districts. High-rise buildings effect on skylines becoming more evident, the implementation of significant individual projects affecting the city's visual identity. The number of high-rise buildings in modern European cities depends on the city's political, economical and cultural levels. High-rise buildings development was significantly affected by the transition to a market economy, which allowed private capital to participate in urban development process. High-rise building on the success of high-rise buildings, the layout style and the local city urban structure. Clusters of high-rise buildings replaces the existing urban centers and allows further development of the region, help to create attractive conditions for investors. The goal of the task is to to find the most rational high-rise buildings location in Vilnius city way from possible alternatives. The decision making process can be divided into the following steps as it shown in Figure 1S. The first stage - initiation, which includes analysis of collected information, problem formulation and task goals determination. The next complex multi-stage decision making models step is identification, which consist of creation of indicators system. According experience of European cities author distinguish the eight the

most popular alternatives of high-rise buildings location. On the identification stage for high-rise buildings location in Vilnius alternatives analyze was used SWOT method for indicators system creation. During consultation with territory planning experts were selected the most important indicators for high-rise buildings location in Vilnius city. The urban structure remains very sensitive to the new large scale vertical elements occurrence. Emergence of new big scale objects has negative effect on historically formed panoramic views. The case study was high rise buildings efficient layout models selection for Vilnius city, which could help to avoid chaotic city character in future and create attractive conditions for investors. The next multi-stage decision making model stage is assessment. Indicators significance according to their importance in territory planning process was determined by experts. Indicators values were determined by experts, according to their significance for alternatives. It was used experts judgement method for indicators values and significance determination. It was used SAW, Laplace rule, MOORA, MULTIMOORA methods to determine ranks of alternatives from the best to the worst. The obtained results not all are identical, so it was performed results synthesis which showed that concentrated high-rise buildings location in city periphery is the most rational choice.

The second task is to find the most appropriate structural system for high-rise building. Design of structural frames for high-rise buildings is one of the most complex design problems in structural engineering. The main problem is that for the same height high rise buildings can be used for different structural systems, which selected taking into account a large number of indices. The aim is to select the best high-rise building construction system, taking into account a wide range of indicators. The selected structure has to fit the architecture as well as the mechanical and electrical design of the building. Besides, it must correspond to the construction and demolition processes. Hence, it is not only important to calculate loads that impact on the structural system of a building, but also estimate other factors, such as architectural solutions, engineering systems, construction process features and price. The decision making process can be divided into the following steps Figure 1S. During consultations with experts were selected key indicators for high-rise buildings structural system assessment. The more indicators that the more information and better able to achieve future results. At initial structural system design stage are not yet known exact values, so data is expressed as the intervals. The next step is alternatives determination which can be compared with each other during task solution process. To determine the significance of indicators was used experts judgement method. According to available data selected possible structural system alternatives which can be applied to building. For analysis were used modified multicriteria decision making methods. For the purposes of COPRAS-G, TOPSIS grey, SAW-G methods for rational solutions set priorities row without a full structural variant design system. Selecting the rational structural system made her modeling using the structural design programs, set goals structural elements of geometric parameters. Solving the task using several multi-criteria decision making methods necessary to perform results synthesis. According to synthesis of received results the best selection in our case is structural system which consists of steel columns, beams and concrete slab.

General conclusions

1. Performed research showed that territory planning process and building design process remain important for further building life-cycle process. Determined that design models should be created taking into account macro-, meso-, micro-, environment factors, interested groups needs and sustainability principles. During the territory planning and building design process adopted decisions become results in building construction, use, renovation and demolition stages. Therefore these stages must be taken into account during building design. So for these tasks created and used complex multi-stage decision making model, based on different decision making methods.

2. Created complex multi-stage decision making model, adapted to high-rise buildings location in Vilnius city task solution. Determined that in Vilnius city case the most appropriate is concentrated high-rise buildings model located in the city periphery.

3. Complex multi-stage decision making model can be used by territory planning specialists during high-rise buildings special plan preparation, supplement and other important tasks. It can be used for adopted solutions monitoring.

4. Created multi-stage decision making model adapted to rational structural system selection from alternatives during initial structural system design stage, taking into account macro-, mezo-, micro- environment factors, interested groups needs and sustainability aspects. Performed research showed that building structure on initial design stage informatikon is comprehensive. Therefore selecting rational building structural system from possible alternatives indicators have to be defined using intervals system. Synthesis of received results showed that rigid frame which consist of steel columns, steel beams and concrete slab is the best alternative in our case.

5. Performed research showed that complex multi stage decision making model can be used as additional measure for building structural system selection or solutions monitoring on initial structural system design stage. The final decision for building structural system selection must be taken during further structural system design by estimating loads and precise structural system elements parameters determination.

Priedai

A priedas. Akštybinių pastatų išdėstymo vietų parinkimo rodiklių reikšmingumų ir reikšmių nustatymas.

B priedas. Aukštybinio pastato konstrukcinės sistemos parinkimo rodiklių reikšmingumų nustatymas.

C priedas. Aukštybinių pastatų architektūrinių ir konstrukcinių sprendinių vaizdinė medžiaga.

D priedas. Bendraautorų sutikimai teikti publikacijų medžiagą disertacijoje.

E priedas. Autoriaus moksliniu publikacija disertacijos tema kopijos.

Ernestas GAUDUTIS

KOMPLEKSINIS AUKŠTYBINIŲ PASTATŲ PROJEKTINIŲ
SPRENDINIŲ VERTINIMAS

Daktaro disertacija

Technologijos mokslai,
statybos inžinerija (02T)

COMPLEX ASSESSMENT OF HIGH-RISE BUILDINGS DESIGN SOLUTIONS

Doctoral Dissertation

Technological Sciences,
Structural Engineering (02T)

2013 09 13. 13 sp. I. Tiražas 20 egz.
Vilniaus Gedimino technikos universiteto
leidykla „Technika“,
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius,
<http://leidykla.vgtu.lt>
Spausdino UAB „Ciklonas“
J. Jasinskio g. 15, 01111 Vilnius