

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Edita ŠARKIENĖ

RACIONALIAUS INVESTAVIMO Į VIENBUČIŲ GYVENAMŲJŲ NAMŲ STATYBĄ SPRENDIMŲ MODELIS

DAKTARO DISERTACIJA

TECHNOLOGIJOS MOKSLAI,
STATYBOS INŽINERIJA (02T)



LEIDYKLA

Vilnius TECHNIKA 2010

Disertacija rengta 2002–2010 metais Vilniaus Gedimino technikos universitete.
Disertacija ginama eksternu.

Mokslinis konsultantas

prof. habil. dr. Leonas USTINOVICĖIUS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, technologijos mokslai, statybos inžinerija – 02T).

VGTV leidyklos TECHNIKA 1787-M mokslo literatūros knyga
<http://leidykla.vgtu.lt>

ISBN 978-9955-25-840-7

© VGTV leidykla TECHNIKA, 2010
© Edita, Šarkienė, 2010
edita.sarkiene@vgtu.lt

VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY

Edita ŠARKIENĖ

MODEL OF SOLUTIONS OF RATIONAL INVESTMENTS TO SINGLE FAMILY DWELLING-HOUSING

DOCTORAL DISSERTATION

TECHNOLOGICAL SCIENCES,
CIVIL ENGINEERING (02T)



LEIDYKLA

Vilnius TECHNIKA 2010

Doctoral dissertation was prepared at Vilnius Gediminas Technical University in 2002–2010.

The dissertation is defended as an external work.

Scientific Consultant

Prof Dr Habil Leonas USTINOVICĖIUS (Vilnius Gediminas Technical University,
Technological Sciences, Civil Engineering – 02T).

Reziumė

Daugelis gyvenimo kokybės, ekologinių, socialinių problemų kyla dėl mūsų šalyje galiojančių įstatymų, kurie formuoja ydingą požiūrį ir motyvaciją spręsti tokio tipo problemas. Lietuvos Respublikos statybos įstatymas ir statybos techniniai reglamentai nustato minimalius energijos efektyvumo lygio reikalavimus, o ydinga viešųjų pirkimų praktika, kai taikomas mažiausios kainos principas, skatina rinktis pigiausias paslaugas ir naudoti pigiausias medžiagas bei išteklius. Tai tiesiogiai priešinga efektyvių inovatyvių metodų ir sprendimų paieškai, kokybės bei ekonominio naudingumo viso pastato gyvavimo ciklo metu užtikrinimui, stabdo šalies statybos verslo įmonių pažangą, mažina konkurencingumą išsivysčiusių pasaulio šalių atžvilgiu ir turės didelę įtaką statybos sektoriaus bei visos šalies ekonomikos vystymuisi.

Šiame darbe nagrinėjami opūs statybos investicinio proceso klausimai, susiję su vienbučių gyvenamųjų namų statybos projektais ir procesais, kokybe ir racionalių investicinių projektų parinkimo bei suderinamumo problemomis.

Atlikus problemų analizę ir įvertinus pasaulinę gerąją praktiką, sukurtas kompleksinis trijų sprendimo etapų modelis, suteikiantis galimybę pasirinkti racionalų investavimo į vienbučius gyvenamuosius namus sprendimą. Modelyje integruoti daigiatikslio vertinimo ir matematinio modeliavimo metodai, pastato gyvavimo cikle siekiant energinio efektyvumo, ekonominio naudingumo, gyvenimo kokybės bei racionalaus investicijų planavimo varianto užsakovo ir investuotojo-rangovo atžvilgiu. Parengti integruotų rodiklių vertinimo sprendimai, minimizuojantys informacijos neapibrėžtumo klausimus ir didinantys modelio patikimumą. Sudarytas racionalaus vienbučių gyvenamųjų namų projekto parinkimo, įvertinant architektūrinių sprendimų įtaką, modelis racionaliems investavimo variantams atrinkti. Sukurtas racionalaus vienbučių gyvenamųjų namų investicinio projekto parinkimo, įvertinant architektūrinių sprendimų įtaką pastato gyvavimo cikle, modelis taikant daigiatikslių sintezės DSS1 metodą. Modelis gali būti pritaikytas ir daigiabučių gyvenamųjų namų statybos bei modernizavimo investiciniams projektams vertinti ir racionaliems sprendimams priimti. Darbo rezultatai, išvados ir pasiūlymai pritaikyti rengiant gyvenamojo namo statybos Vilniaus mieste investicinį projektą.

Disertacijos tema išspausdinta 12 mokslinių straipsnių: vienas – mokslo žurnale, įtraukta į *Thomson ISI* sąrašą, vienas – recenzuojamoje tarptautinės konferencijos medžiagoje (*ISI Proceedings*), keturi – recenzuojamuose mokslo žurnaluose, aštuoni – kitose tarptautinių ir respublikinių konferencijų medžiagoje. Disertacijos tema perskaityti keturi pranešimai konferencijose, vykusiose Lietuvos ir kitose šalyse.

Abstract

The Law on Construction of the Republic of Lithuania and the Technical Regulations for Construction provide for minimal requirements of energy efficiency level, whereas the wrong-headed practice of public tenders, which applies the principle of the lowest price, encourages to select the cheapest services and to use the cheapest materials and resources – that is in direct opposition to the search for efficient innovative methods and solutions as well as the guarantee of quality and a cost-efficient performance throughout the entire life cycle of a building. That impedes the progress of construction businesses in the country, reduces competitiveness in respect of developed world countries and is a decisive factor for the development of construction sector and the economy of the entire country.

The thesis analyses one of those construction sectors, the results of which are most relevant to the final user, i.e. the construction projects and processes of single-family housing. This field of construction is to a large extent related to architectural solutions and is directly dependent on them. Within these theses were developed model using methods of multi-criteria synthesis DSS1 and mathematical modeling, which enables at the starting design stage the selection of a rational solution of investment to a single-family housing. In respect of the entire life cycle of a building, the model provide possibility to assess the impact of architectural solutions on the meeting of goals and needs of participants in the processes of investment, design, construction, use and operation.

A system of assessment criteria, the integrated criteria formation methodology for selection single dwelling investment project has been proposed.

Individual elements of the model were applied to the development of the concept of Birštonas ECO City. The research data and individual elements of the model were used in the development of application for the international research project FP7 ECO-life, also at the project R&D activities. The methodology, results, conclusions and proposals of the thesis have been applied to the real-life task of drafting the investment project for the construction of a single dwelling house in Vilnius City.

The results of the dissertation were announced in 12 scientific papers, where 1 paper is referred in Thomson *ISI Web of Science*, 8 papers are quoted in *IRBdirect* and *ICONDA* databases, 3 papers are printed in Thomson *ISI Proceedings* and 2 papers are printed in other reviewed conference proceedings.

Žymėjimai

Simboliai

- m – k -tosios pakopos variantų skaičius;
 K_s – apibendrintas kriterijus;
 k – sprendimo pakopos.

Santrumpos

MCDM	(angl. <i>Multi-Criteria Decision Making</i>) – sprendimų priėmimas pagal daugelį kriterijų;
MADM	(angl. <i>Multi-Attribute Decision Making</i>) – sprendimų priėmimas pagal daugelį rodiklių;
MODM	(angl. <i>Multi-Objective Decision Making</i>) – sprendimų priėmimas pagal daugelį tikslų;
TOPSIS	(angl. <i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (Method)</i>) – artumo idealiajam taškui metodas;
PSĮ	projektų sistemotechninis įvertinimas;
DSS1	daugiatikslių sprendimų sintezės, remiantis priimamo sprendimo sėkmės kriterijumi metodu;
SM	sprendimų medis;
SPS_DS	sprendimų paramos sistemos, taikant daugiakriterinius sintezės metodus.

Turinys

IVADAS.....	1
Problemos formulavimas.....	1
Darbo aktualumas.....	2
Tyrimų objektas.....	4
Darbo tikslas.....	4
Darbo uždaviniai	4
Tyrimų metodika	5
Darbo mokslinis naujumas	5
Darbo rezultatų praktinė reikšmė	5
Ginamieji teiginiai	6
Darbo rezultatų aprobavimas.....	6
Disertacijos struktūra.....	7
 1. GYVENAMOSIOS STATYBOS RINKOS INVESTICINĖJE	
APLINKOJE APŽVALGA	9
1.1. Ekonomikos pagrindinių rodiklių gyvenamųjų namų statybos rinkos apžvalga	9
1.2. Vienbučių gyvenamųjų namų statybos apimtys ir prognozės	11
1.3. Investicijos, kaip mokslo objektas.....	13
1.4. Sprendimų paramos sistemų apžvalga.....	15

1.5. Pirmojo skyriaus išvados	20
2. INVESTICIJŲ Į GYVENAMŲJŲ PASTATŲ STATYBĄ PROBLEMATIKA IR GALIMŲ SPRENDIMŲ ANALIZĖ	21
2.1. Gyvenamosios paskirties objektų investicinės veiklos dalyviai	21
2.1.1. Investuotojo poreikiai	23
2.1.2. Naudotojų poreikiai	27
2.2. Architektūriniai sprendimai darnios plėtros kontekste	28
2.3. Gyvenamųjų pastatų gyvavimo ciklo analizė	35
2.4. Energinio naudingumo modeliai	38
2.4.1. Mažai energijos vartojantys pastatai	42
2.4.3. Pasyvieji namai	44
2.5. Investicijų efektyvumo nustatymo metodų analizė	45
2.6. Antrojo skyriaus išvados	48
3. RACIONALIAUS VIENBUČIO GYVENAMOJO NAMO INVESTICINIO PROJEKTO PARINKIMO MODELIS.....	51
3.1. Gyvenimo kokybės vertinimas	54
3.1.1. Vietos vertinimas	54
3.1.2. Pastato projekto vertinimas.....	61
3.1.3. Pastato konstrukcinės schemos (stuomens) vertinimas	63
3.1.4. Energetinio efektyvumo vertinimas.....	65
3.1.5. Pirmojo etapo projektinių variantų formavimas ir sprendimo metodas	66
3.2. Ekonominio naudingumo naudotojui vertinimas	67
3.3. Investicijų efektyvumo vertinimas	68
3.4. Modelyje taikomi metodai.....	70
3.4.1. Variantų rangavimas, taikant projektų daugiatislių sprendimų sintezės, remiantis priimamo sprendimo sėkmės kriterijumi metodą (DSS1)	71
3.4.2. Efektyvių investavimo sprendimų statybos versle modelio sprendimo bazės bendros schemos sudarymas	80
3.4.3. Matematinio modeliavimo metodo principai	81
3.4.4. Ekspertinis metodas	85
3.5. Trečiojo skyriaus išvados	87
4. VIENBUČIO GYVENAMOJO NAMO VILNIUJE INVESTICINIO PROJEKTO DAUGIATISLIS VERTINIMAS.....	89
4.1. Gyvenimo kokybė parenkant efektyvų vienbučio gyvenamojo namo Vilniuje investavimo variantą	90
4.1.1. Vietos sprendimo variantų parinkimas	90

4.1.2. Vienbučio gyvenamojo namo projekto variantas	92
4.1.3. Konstrukcinių sprendimų variantų parinkimas	95
4.1.4. Energetinio efektyvumo variantų parinkimas	96
4.2. Vienbučių gyvenamųjų namų statybos ir pardavimo Vilniaus m. matematinis modelis.....	100
4.3. Vienbučio gyvenamojo namo Vilniuje ekonominio naudingumo naudotojui vertinimas.....	102
4.4. Investicinio projekto efektyvumo vertinimas	102
4.5. Ketvirtąjo skyriaus išvados	103
BENDROSIOS IŠVADOS	105
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	107
AUTORIAUS MOKSLINIŲ PUBLIKACIJŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS.....	117
PRIEDAI	119

Table of Contents

INTRODUCTION	1
Topicality of the problem	1
Relevance	2
Research object.....	4
The aim of the work	4
Job Tasks	4
Research Methodology	5
Scientific Novelty	5
Work results of practical value.....	5
Defended propositions.....	6
Job Approval of the results.....	6
Dissertation Structure	7
 1. RESIDENTIAL CONSTRUCTION MARKET OVERVIEW OF THE	
INVESTMENT ENVIRONMENT	9
1.1. Economic key indicators of housing market survey.....	9
1.2. Single family dwellings construction volumes and projections	11
1.3. Investments, as an academic subject	13
1.4. Decision Support Systems Overview	16
1.5. Conclusions of the first chapter	20

2. ANALYSIS OF INVESTMENT IN RESIDENTIAL CONSTRUCTION	
PROBLEMS AND POSSIBLE SOLUTIONS	21
2.1. Residential sites participants in the investment business	21
2.1.1. Investor demand.....	23
2.1.2. User needs.....	27
2.2. Architectural decisions in the context of sustainable development.....	28
2.3. The residential buildings life cycle analysis.....	35
2.4. The energy -efficiency models	38
2.4.1 . Low- energy -using buildings	42
2.4.3 . Passive houses.....	44
2.5. Review of methods of investment performance detection	45
2.6. Conclusions of the second chapter	48
3. MODEL OF SELECTION OF RATIONAL INVESTMENTS TO	
SINGLE FAMILY DWELLING-HOUSING PROJECT	51
3.1. Quality of Life Assessment	54
3.1.1. Plot selection assessment	54
3.1.2. Building project evaluation.....	61
3.1.3. Structural building schemes evaluation	63
3.1.4 . Energy efficiency rating.....	65
3.1.5. The first phase of design variants development and use of decision – making synthesis method	66
3.2. Economic benefit to the user rating.....	67
3.3. Economical investment project evaluation	68
3.4. The model used methods	70
3.4.1. Ranking of variants using the multipurpose project decision synthesis, in accordance with the decision to be the success factor approach (DSS1) method.....	71
3.4.2. Effective investment solutions business of construction patterns of common database scheme in.....	80
3.4.3. Fundamental principles of mathematical modelling	81
3.4.4. Expert method.....	85
3.5. Conclusions of the third chapter	87
4. THE MULTIPURPOSE EVALUATION OF INVESTMENT TO	
SINGLE FAMILY DWELLING HOUSE IN VILNIUS PROJECT.....	89
4.1. Evaluation of quality of life in the selection of efficient variant of investment to single family dwelling in Vilnius	90
4.1.1. Plot selection assessment	90
4.1.2. Building project evaluation.....	92
4.1.3. Structural building schemes evaluation	95

4.1.4 . Energy efficiency rating.....	96
4.2. Mathematical model of cost analysis of single family dwelling in Vilnius	100
4.3. Evaluation of users economic benefits of selection of single family dwelling in Vilnius	102
4.4. Economical investment project evaluation.....	102
4.5. The fourth chapter findings	103
GENERAL CONCLUSIONS	105
REFERENCES	107
AUTHORS SCIENTIFIC PUBLICATIONS, THESIS TOPIC LIST.....	117
ANNEXES	119

Ivadas

Problemos formulavimas

Pastatui eksploatuoti ir atnaujinti visą jo gyvavimo trukmę išleidžiama kelis kartus daugiau lėšų negu pastato statybai. Todėl gera ir kokybiška architektūra, kaip ir gera kokybiška statyba, įneša tiesioginį indėlį į kiekvienos valstybės nacionalinio turto gausinimą.

Apie dvi trečiąsias Europos valstybių, ES narių, skaičiuojamojo nacionalinio turto sudaro pastatai.

Lietuvoje 2008 m. statybos sektoriuje sukurta apie 8,9 % bendrojo vidaus produkto (BVP), o 2009 m. – jau tik 5,6 %.

Lietuvoje 8,99 % darbo jėgos užimta statybos sektoriuje. 2005–2008 m. statybos sektoriuje sukurta 26 846 naujos darbo vietos. Statyba sunaudoja 50 % visų šalies materialinių investicijų. Apie 85 % energijos suvartojama senos statybos pastatuose, ir tai tiesiogiai susiję su pastato gyvavimo ciklo išlaidomis.

Esminiai vyriausybės architektūros politikos tikslai turėtų būti šie: sudaryti galimybes realizuoti konstitucinę piliečių teisę turėti kokybišką aplinką; supaprastinti gyventojų teisių įgyvendinimą ir atsakomybę už nuosavą aplinką; įvesti aukštus visuomeninės statybos ir visuomeninės nuosavybės valdymo bei procesų eiliškumo standartus; skatinti taikyti procedūras (pvz., architektūros konkursus), stiprinančias architektūrą ir keliančias statybos darbų kokybę;

architektų rengimu ir architektūros mokslu remti inovacijas; gerinti architektūros paveldo priežiūrą ir vystymą.

Statybos investicijos turi ypač svarbią reikšmę. Investicijos statyboje daro įtaką kitų ūkio šakų investicijoms: mokslinei veiklai, plėtojant ir modernizuojant gamybinę veiklą; kultūros bei socialiniams poreikiams, diegiant inovatyvius sprendimus ir technologijas; mažinant energijos poreikį; mažinant CO₂ emisiją. Statyba – viena svarbiausių šalies ūkio šakų, tad efektyvus statybos investicinių projektų vykdymas turi įtakos didinant svarbų ekonominiam šalies augimui bendrąjį vidaus produktą (BVP). Būtent investicijos apibrėžia ateities statybų plėtros potencialą ir išlaidų struktūrą (Ustinovičius 2003). Kadangi aplinka sparčiai vystoma ir dinamiškai kinta, veiksmingas investicijų planavimas ir investicinės veiklos valdymas yra svarbus ir sudėtingas procesas.

Investiciniams skaičiavimams taikomi ne tik metodai ir modeliai, grindžiami pajamų bei išlaidų tyrimais, bet ir daugiatikslių sprendimų metodai, įvertinant naudingumą. Toks požiūris į investicinius skaičiavimus yra tikslingas, nes investicijos dažnai daro tokią įtaką, kurios negalima išmatuoti monetariniais dydžiais (Ustinovičius 2003). Išanalizavus ekonominėje literatūroje pateikiamus investicijų efektyvumo vertinimo metodus, galima daryti tokias išvadas: nėra bendros lėšų, įdėtų į verslo projektus, efektyvumo vertinimo sistemos; tų pačių rodiklių visumai apibrėžti taikomos skirtingos sąvokos; nevienodai traktuojama bendra verslo (investicinių) projektų įgyvendinimo metodika (Rutkauskas, Tamošiūnienė 2002). Klasikiniai investicijų efektyvumo vertinimo metodai turi vieną bendrą trūkumą – juos taikant laikoma, kad skaičiuojant yra žinomi būsimų pajamų rodikliai, jų dydžiai ir įplaukų laikas. Atliekant bet kokius investicinius skaičiavimus, reikia gerokai daugiau dėmesio skirti rizikos ir neapibrėžtumo veiksniams.

Dažnai taikomi investicijų efektyvumo vertinimo modeliai ir metodai, kurie, kaip pažymi daugelis autorių, yra paprasti ir patogūs. Tačiau šiuos metodus, atliekant vertinimus, taikyti keblu, kai reikia įvertinti gyvenimo kokybę ir galutinio vartotojo poreikius.

Disertacijoje numatoma atlikti gyvenamosios aplinkos, naudotojų ir investuotojų poreikių tyrimus bei sukurti investicijų vertinimo modelį. Toks modelis leidžia spręsti planavimo, projektavimo ir investavimo uždavinius.

Darbo aktualumas

Nagrinėjant uždavinius, susijusius su projektavimo ir statybos sritimi (gyvenamųjų, pramoninių, komercinių, administracinių pastatų statyba, rekonstrukcija, modernizacija, tiltų, įvairių inžinerinių tinklų tiesimu, infrastruktūros kūrimu, statybos produkcijos gamyba ir t. t.), susiduriama su

problemomis, kurių sprendimai imlūs laikui bei finansams. Čia išvardyti patys stambiausi statybos procesus apibūdinantys elementai, o nagrinėdami išsamiau pamatysime, kad kiekvieną šių procesų galima skaidyti į keletą, keliasdešimt smulkesnių procesų ar projektų.

Dauguma gyvenimo kokybės, ekologinių, socialinių problemų kyla dėl mūsų šalyje galiojančių įstatymų, formuojančių ydingą požiūrį ir motyvaciją spręsti tokio tipo problemas. Lietuvos Respublikos statybos įstatymas (1996 - 2009) ir daugelis statybos techninių reglamentų (STR2.01.09:2005; STR2.05.01:2005; STR2.09.02:2005) nustato minimalius energijos efektyvumo lygio reikalavimus, o ydinga viešųjų pirkimų praktika, kai taikomas mažiausios kainos principas, skatina rinktis pigiausias paslaugas ir naudoti pigiausias medžiagas bei išteklius. Tai tiesiogiai priešinga efektyvių inovatyvių metodų ir sprendimų paieškai, kokybės bei ekonominio naudingumo viso pastato gyvavimo ciklo metu užtikrinimui, stabdo šalies statybos verslo įmonių pažangą, mažina konkurencingumą išsivysčiusių pasaulio šalių atžvilgiu ir turės lemiamą įtaką statybos sektoriaus ir visos šalies ekonomikos vystymuisi.

Darbe nagrinėjamas vienas opiausių statybos sektorių – tai vienbučių gyvenamųjų namų statybos projektai ir procesai. Šis sektorius yra su architektūriniais sprendimais susijusi ir nuo jų tiesiogiai priklausanti statybos sritis.

Be šių sudėtingų dalių, statybos procese dalyvauja įvairios suinteresuotos žmonių grupės:

- užsakovai,
- investuotojai,
- naudotojai,
- projektuotojai,
- rangovai,
- įvairių statybos gaminių tiekėjai,
- eksploatuojančios organizacijos,
- valstybinės priežiūros institucijos
- kitos bendrovės bei organizacijos.

Šiame darbe numatoma suformuoti sprendimų paramos sistemą (SPS), skirtą kaupti pradinis duomenis, juos apdoroti, taikant įvairius matematinius ir loginius modelius, tarp jų ekspertinius ir daugiakriterinio įvertinimo metodus, siekiant tarpusavyje suderinti įvairius skirtingų suinteresuotų statybos proceso dalyvių poreikius, spręsti informacijos neapibrėžtumo klausimus ir suformuoti sąlygas racionaliam investicinių variantų į gyvenamųjų namų statybą parinkimui. SPS sprendimų priėmėjui teikia informaciją, reikalingą galimų sprendimų variantams analizuoti, sudaryti ir įvertinti, priimti sprendimą, gautus rezultatus išvesti ir saugoti.

Tyrimų objektas

Darbo tyrimų objektas:

Praktinis – architektūrinių sprendimų įtaka ir investicijų efektyvumas pastato gyvavimo ciklo ir darnios plėtros kontekste.

Teorinis – sprendimų paramos sistemos, daugiataksiškai sintezės metodai.

Darbo tikslas

Pagrindinis šio darbo tikslas – sukurti modelį, kuris leistų pasirinkti racionalų investavimo sprendimą, įvertinant architektūrinių sprendimų įtaką investicinio, projektavimo, statybos, naudojimo ir eksploatavimo procesų dalyvių tikslams bei poreikiams tenkinti, atsižvelgiant į visą pastato gyvavimo ciklą.

Darbo uždaviniai

Darbo tikslui pasiekti darbe reikia spręsti šiuos uždavinius:

1. Atlikti metodų ir priemonių, taikomų vienbučių gyvenamųjų namų projektavimo uždaviniams spręsti, analizę.
2. Pasiūlyti matematinį algoritmą alternatyviems sprendimams įvertinti, atsižvelgiant į daugiataksių uždavinio pobūdį bei neapibrėžtumą.
3. Remiantis tyrimais išskirti svarbiausius veiksnius, lemiančius investicijų į vienbučių gyvenamųjų namų statybą efektyvumą, parengti rodiklių sistemą investicinių projektų variantams aprašyti.
4. Įvertinti projektavimo proceso metu priimtų architektūrinių sprendimų įtaką visam pastato gyvavimo ciklui ir investicijų efektyvumui.
5. Sukurti racionalaus vienbučių gyvenamųjų namų kvartalo investicinio projekto parinkimo modelį.
6. Pritaikyti sudarytą modelį vienbučių gyvenamųjų namų racionaliam investiciniam variantui parinkti.

Tyrimų metodika

Šiame darbe visa medžiaga (oficialioji tarptautinių organizacijų, naujausia mokslinių duomenų bazių medžiaga, Lietuvos ir ES asocijuotų verslo struktūrų (asociacijų, federacijų, technologinių platformų), Lietuvos institucijų pateikiama informacija bei kita medžiaga internete) tiriamą analizės būdu. Daugiatiksliai metodai lyginami bei parenkami remiantis mokslinių publikacijų analize. Variantų rodiklių reikšmės nustatomos statistiniais, skaičiuojamaisiais ir analogijos metodais, o rodiklių reikšmingumai – ekspertiniais.

Darbo mokslinis naujumas

Rengiant disertaciją buvo gauti šie statybos inžinerijos mokslui nauji rezultatai:

1. Sukurtas racionalaus vienbučių gyvenamųjų namų investicinio projekto parinkimo, įvertinant architektūrinių sprendimų įtaką pastato gyvavimo cikle, modelis, taikant daugiatislį sintezės DSS1 metodą.
2. Modelyje integruoti daugiatislio vertinimo ir matematinio modeliavimo metodai siekiant energinio efektyvumo, ekonominio naudingumo, gyvenimo kokybės bei racionalaus investicijų planavimo varianto užsakovo ir investuotojo-rangovo atžvilgiu.
3. Parengti integruotų rodiklių vertinimo sprendimai, minimizuojantys informacijos neapibrėžtumo klausimus ir didinantys patikimumą.

Darbo rezultatų praktinė reikšmė

1. Sudarytas racionalaus vienbučių gyvenamųjų namų projekto parinkimo, įvertinant architektūrinių sprendimų įtaką, modelis racionaliems investavimo variantams atrinkti.
2. Sukurtas projektavimo paslaugų valdymo modelis pateiktas Lietuvos statybos elektroninės sistemos kūrimo komandai, formuojančiai naujai kuriamos sistemos koncepciją.
3. Atskiri modelio elementai panaudoti formuojant ir rengiant koncepciją „Birštonas –EKO miestas“.
4. Tyrimų medžiaga ir atskiri modelio elementai naudoti formuojant „FP7 ECO-life“ projekto paraišką ir įgyvendinamo projekto analizės etape.

5. Darbo rezultatai, išvados ir pasiūlymai pritaikyti rengiant gyvenamojo namo statybos Vilniaus mieste investicinį projektą.

Ginamieji teiginiai

1. Sukurtas racionalaus vienbučių gyvenamųjų namų investicinio projekto parinkimo, įvertinant architektūrinių sprendimų įtaką pastato gyvavimo cikle, modelis.
2. Racionalus daugiataikslės sintezės DSS1 ir matematinio modeliavimo metodai pritaikyti modelyje.
3. Modelyje suderintos energinio efektyvumo, ekonominio naudingumo, gyvenimo kokybės bei racionalaus investicijų planavimo varianto užsakovo ir investuotojo-rangovo atžvilgiu pozicijos.
4. Integruotų rodiklių formavimas tikslingas sprendžiant informacijos neapibrėžtumo klausimus.

Darbo rezultatų aprobavimas

Disertacijos tema išspausdinta 12 mokslinių straipsnių: vienas – mokslo žurnale, įtrauktame į *Thomson ISI* sąrašą (Šarka, Zavadskas, Ustinovičius, Šarkienė, Ignatavičius 2008); keturi – recenzuojamuose mokslo žurnaluose, (Šarka, Šarkienė, Budinas 2005; Šarkienė, Ustinovičius, Šarka, 2005; Ustinovičius, Šarkienė 2006; Ustinovičius, Šarkienė, Šarka 2003); vienas – recenzuojamoje tarptautinės konferencijos medžiagoje (*ISI Proceedings*) (Šarka, Budinas, Šarkienė 2004); aštuoni – kitose tarptautinių ir respublikinių konferencijų medžiagose (Šarka, Zavadskas, Ustinovičius, Šarkienė, Migilinskas, 2006a; Šarkienė, Šarka, Ustinovičius, 2006b; Šarkienė 2003; Šarkienė 2002; Šarkienė 2004a; Šarkienė 2004b; Šarkienė, Gaigalaitė 2005; Viteikienė, Šarkienė 2006).

Disertacijoje atliktų tyrimų rezultatai paskelbti devyniose mokslinėse konferencijose, vykusiose Lietuvoje ir užsienyje:

- Jaunųjų mokslininkų konferencijoje „Lietuva be mokslo – Lietuva be ateities“ 2004–2005 m. Vilniuje.
- Jaunųjų mokslininkų konferencijoje „Mokslas – Lietuvos ateitis“ 2006 m. Vilniuje.
- Doktorantų, magistrantų konferencijoje „Statyba ir pastatų inžinerijos sistemos“ 2004 m. Kaune.

- 8-ojoje tarptautinėje konferencijoje „Modern Building Materials, Structures and Techniques“ 2004 m. Vilniuje.
- Tarptautinėje konferencijoje „Reliability and Statistics in Transportation and Communication (RelStat‘)“ 2004, 2005 m. Rygoje (Latvija).
- International Workshop „Muti-criteria Decision Making“ 2005, Ustrone (Lenkija).
- Konferencijoje „Badania operacyjne i systemowe 2006. Metody i techniki (BOS 2006)“ Szczecin (Lenkija).

Darbe sukaupta medžiaga ir parengtas modelis taikomi projektavimo paslaugas teikiančioje įmonėje.

Disertacijos struktūra

Disertaciją sudaro įvadas, keturi skyriai ir rezultatų apibendrinimas. Taip pat yra 4 priedai.

Pirmame disertacijos skyriuje apžvelgta Lietuvos ekonomikos vystymosi ir gyvenamosios statybos Lietuvoje rinkos vystymosi situacija ir perspektyvos, įvertinta užsienio šalių patirtis.

Antrame disertacijos skyriuje atlikta investicijų į gyvenamosios statybos problematikos analizė;

Trečiame skyriuje suformuotas racionalaus vienbučių gyvenamųjų namų projekto parinkimo, įvertinant architektūrinių sprendimų įtaką, modelis. Dėl uždavinio kompleksiško, didelio statybos proceso dalyvių skaičiaus, poreikio keisti informaciją, dalintis turima patirtimi ir siekiant kompleksškai derinti veiksmus buvo pasirinktas daugiakriterinės sintezės metodas DSS1 ir sprendimų paramos sistema skirta kaupti pradinius duomenis, juos apdoroti, taikant įvairius matematinius ir loginius modelius.

Ketvirtame skyriuje pateiktas modelio pritaikymo konkretaus racionalaus investicijų varianto į vienbučio gyvenamojo namo statybą varianto parinkimas. Darbo apimtis yra 136 puslapiai, neskaitant priedų, tekste panaudota 16 numeruotų formulių, 22 paveikslai ir 30 lentelių. Rašant disertaciją buvo panaudoti 136 literatūros šaltiniai.

Gyvenamosios statybos rinkos investicinėje aplinkoje apžvalga

Skyriuje apžvelgiama vienbučių gyvenamųjų namų statybos apimtys, prognozės, analizuojama situacija rinkoje. Nagrinėjamos investicijos, kaip mokslo objektas, bei sprendimų paramos sistemos.

1.1. Ekonomikos pagrindinių rodiklių gyvenamųjų namų statybos rinkos apžvalga

Nekilnojamojo turto investiciniai, statybos ir plėtros procesai užima svarbią vietą ekonominėje, socialinėje ir technologinėje valstybės veikloje. Šie procesai glaudžiai susiję su darbo našumu, padėtimi darbo rinkoje, atlyginimų dydžiu, palūkanų normos pokyčiais ir kitais mikroekonominiais bei makroekonominiais rodikliais. Šiuo metu Lietuvoje keičiantis ekonominei, socialinei situacijai, būsto statybos problemos yra ypač svarbios. Šalyje stoja būsto statybos apimtys, kainos ir investicijos, tačiau ekonomiško būsto trūkumas vis dar yra.

Statistiniai duomenys rodo, kad iki 2008 m. ekonominė situacija buvo gera: statybos darbų apimtys sparčiai augo, kilo šalies ūkio darbuotojų vidutinis darbo užmokestis, bendrasis vidaus produktas (1.1 lentelė). 2009 m. situacija iš esmės

pasikeitė: 51,6 proc. krito statybos apimtys, nedarbo lygis pasiekė 13,7 proc., 14,8 proc. sumažėjo BVP.

1.1 lentelė. Pagrindiniai Lietuvos ekonominės ir socialinės raidos rodikliai 2005–2009 metais. (Lietuvos statistikos departamentas, 2010)

Table 1.1. The main Lithuanian economic and social development indicators in 2005–2009.

Rodiklis	2005	2006	2007	2008	2009
Gyventojų skaičius, tūkst.	3403,3	3384,9	3360,4	3349,9	3329,0
Nedarbo lygis, proc.	8,3	5,6	4,3	5,8	13,7
Šalies ūkio darbuotojų vidutinis mėnesinis neto darbo užmokestis, Lt	916,7	1092,9	1351,9	1650,9	1599,4
BVP to meto kainomis, mln. Lt	72060	82793	98669	111190	92016
BVP pokytis, proc.	7,8	7,8	9,8	2,8	-14,8
Einamosios sąskaitos balansas, palyginti su BVP, proc.	-7,1	-10,6	-14,5	-11,9	3,8
Valstybinio socialinio draudimo vidutinė senatvės pensija, Lt	420	477	595	770	811
Infliacija, proc.	3,0	4,5	8,1	8,5	1,3
Elektros, dujų, garo tiekimas ir oro kondicionavimas be PVM ir akcizo to meto kainomis, mln. Lt	5481	5946	6878	8351	8243
Palyginti su praėjusių metų atitinkamu laikotarpiu, proc.	99,9	100,1	102,3	94,9	82,7
Atlikta statybos darbų savo jėgomis to meto kainomis, mln. Lt	5989,3	7990,6	11136,6	12643,3	5942,1
Palyginti su praėjusių metų atitinkamu laikotarpiu, proc.	109,4	121,6	122,7	103,7	52,1

Gyvenamojo fondo bendras naudingasis plotas (1.2 lentelė) nuo 1998 iki 2008 m. padidėjo 5 mln. m². Vidutiniškai vienam Lietuvos gyventojui tenkančio buto plotas kito šiek tiek kitaip: 1998 m. buvo 22,1 m², 2003 – 23 m², o 2008 m. teko 24,9 m². Per nagrinėjamą laikotarpį miestų teritorijose gyvenamasis fondas padidėjo 6,16 mln. m², o kaimo – 1,61 mln. m². Vienam gyventojui tenkantis naudingasis plotas mieste 3,4 m² mažesnis nei kaimo vietovėse (Lietuvos statistikos departamentas 2010).

1.2 lentelė. Gyvenamasis fondas (metų pabaigoje; milijonais kvadratinį metrų naudingojo ploto) (Lietuvos statistikos departamentas, 2010)

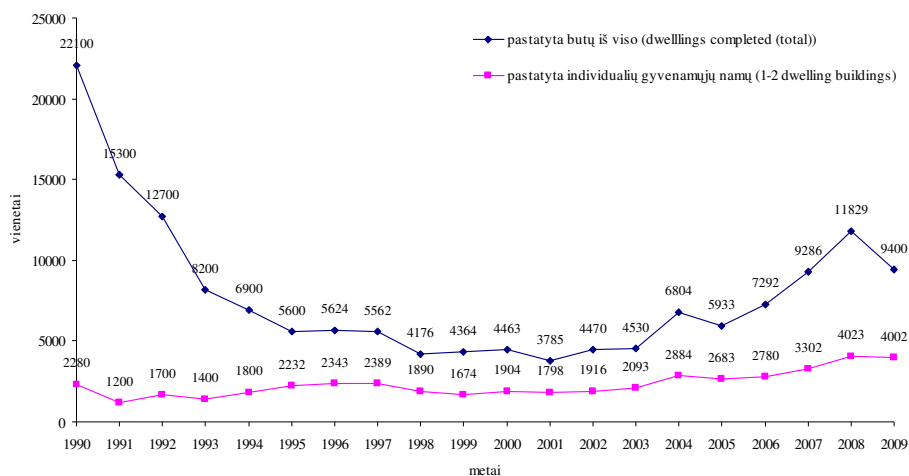
Table 1.2. Living Fund (end of year, millions of square meters of floor space)

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Iš viso	78,3	79,7	79,5	79,4	79,5	79,4	80,2	80,8	81,4	82,1	83,3
Privačios nuosavybės	75,7	77,1	76,9	76,9	77,0	77,0	77,9	78,5	79,1	79,7	81,0
Valstybės, savivaldybių nuosavybės	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4
Vidutiniškai vienam gyventojui tenka naudingojo ploto, m ²	22,1	22,7	22,8	22,8	23,0	23,0	23,4	23,8	24,1	24,4	24,9
Miestų gyvenamasis fondas	49,5	50,8	50,6	50,2	50,4	50,1	50,8	51,3	51,8	52,2	53,2
Vidutiniškai vienam miesto gyventojui tenka naudingojo ploto, m ²	20,8	21,6	21,7	21,6	21,8	21,8	22,3	22,6	22,9	23,2	23,8
Kaimo gyvenamasis fondas	28,8	28,9	28,9	29,2	29,1	29,3	29,4	29,5	29,6	29,9	30,1
Vidutiniškai vienam kaimo gyventojui tenka naudingojo ploto, m ²	24,8	25,0	25,1	25,4	25,4	25,5	25,7	26,0	26,3	26,8	27,2

1.2. Vienbučių gyvenamųjų namų statybos apimtys ir prognozės

2008 m. duomenimis, buvo pastatyti 11 829 nauji gyvenamieji pastatai, iš jų 4023 vieno–dviejų butų. 2009 m. šis skaičius krito iki 9400, iš jų – 4002 vieno–dviejų butų pastatai. Vidutinis (vieno–dviejų butų name) buto naudingasis plotas – 169,6 m². Gyvenamųjų namų statybos pokyčiai 1998–2009 m. pavaizduoti 1.1 pav.

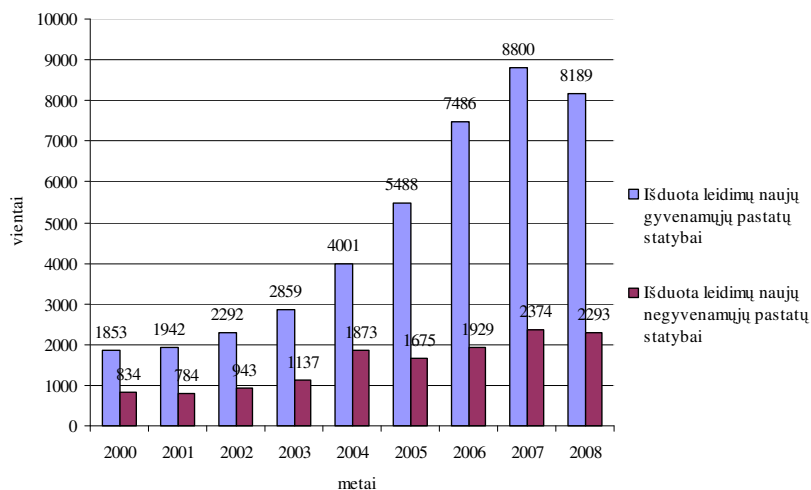
Vidutinis (vieno–dviejų butų name) buto naudingasis plotas 2009 m. padidėjo iki 171,9 m² (2000 m. buvo 168,6 m²) (Lietuvos statistikos departamentas 2010).



1.1 pav. Gyvenamųjų namų statybos pokyčiai 1990–2009 m.

(Lietuvos statistikos departamentas 2010)

Fig. 1.1. Housing developments in 1990–2009 year



1.2 pav. 2000–2008 m. išduota naujų pastatų statybos leidimų pagal pastatų rūšis

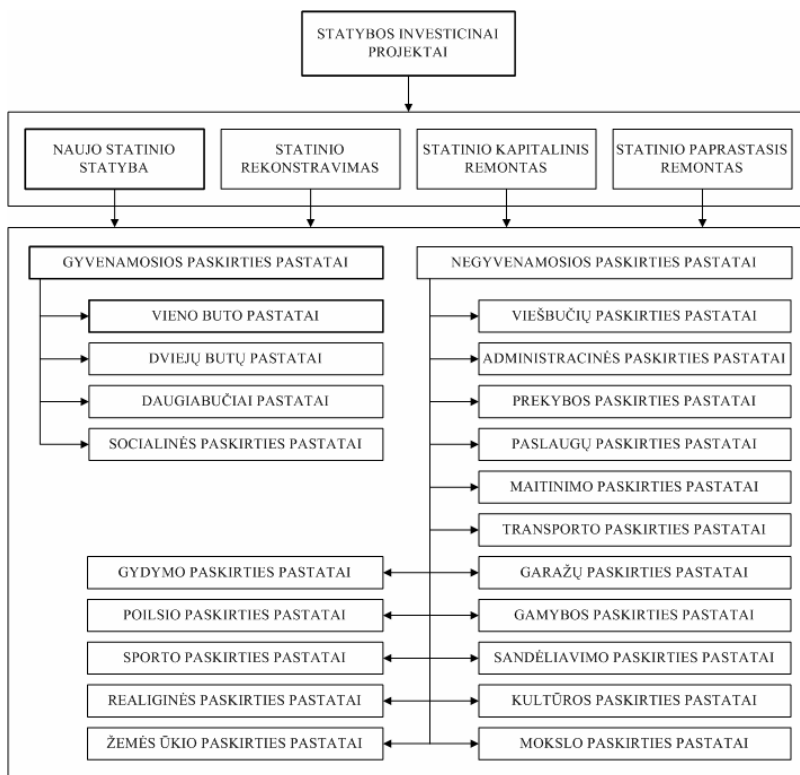
(Lietuvos statistikos departamentas 2010).

Fig. 1.2. Issued building permits for new buildings by building type in 2000–2008 year

Ganėtinai aiškiai būsto poreikis atsispindi 1.2 pav., kuriame pateiktas išduotų leidimų pastatams statyti skaičius. Nuo 2000 iki 2007 m. gyvenamųjų pastatų statybai išduodamų leidimų skaičius nuolat augo. 2008 m. sumažėjo 611 leidimų. Tai lėmė pakitusi ekonominė situacija Lietuvoje, pasikeitusios finansavimo ir kreditų išdavimo sąlygos.

1.3. Investicijos, kaip mokslo objektas

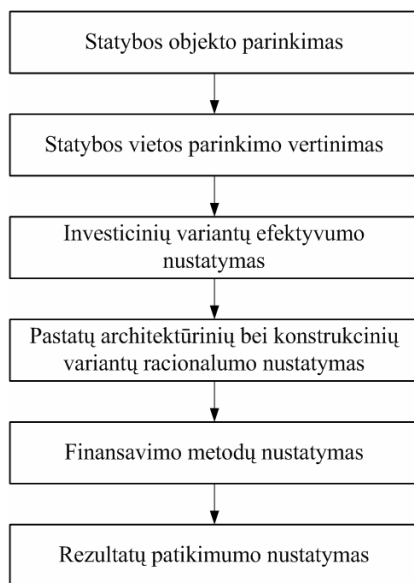
Investiciniai objektai statyboje gali būti grupuojami pagal statybos rūšį (nauja statyba, rekonstrukcija, kapitalinis remontas ir t. t.), pastato paskirtį (gyvenamoji ir negyvenamoji) (1.3 pav.), vietovę (miesto ar kaimo teritorija) ir kt.



1.3 pav. Statybos investicinių projektų klasifikacija
Fig. 1.3. Construction investment project classification

Kiekvienu atveju, atsižvelgiant į investicijų grupę ir pogrupius, galima taikyti specifinius metodus uždaviniams spęsti. Uždavinio sudėtingumas, rodiklių sistema, vertinimo kriterijai taip pat priklauso nuo statybos rūšies, pastato paskirties ir kitų veiksnių.

Ekonominėje literatūroje nėra vieningos nuomonės, kaip turėtų būti vertinamas statybos investicinis projektas kiekvienoje jo stadijoje ar visa apimtimi. Dauguma autorių, teisingai laikydami investicijų ekonominį rezultatą dominuojančiu, kitus socialinius, ekologinius ir techninius efektyvumo rodiklius vertina atskirai vienus nuo kitų ir neįtraukia jų į apibendrinamąją investicijų vertinimo rodiklių sistemą. Šie autoriai mano, kad kai kurių efektyvumo rodiklių ryšiai nėra svarbūs, pasireiškiantys nepaisant ekonominių rezultatų, ir yra tik vienos priežasties pasekmė, pvz., mokslinė techninė veikla yra mokslinio techninio lygio pasekmė.



1.4 pav. Statybos investicijos efektyvumo nustatymo etapai
(Ustinovičius 2003)

Fig. 1.4. Construction of the effectiveness of the investment stages
(Ustinovičius 2003)

Iš tiesų, jeigu sudarytume investicinio projekto efektyvumo rodiklių sistemą, susidedančią iš visų rodiklių, nusakančių, kuo investicinis projektas skiriasi nuo kitų, tai socialiniai, techniniai ir kiti rodikliai, būdami sudedamąja efektyvumo rodiklių sistemos dalimi, gali pasireikšti kaip atskiri efektyvumo rodikliai,

reikalingi techninei ekonominei investicijų analizei (Ustinovičius 2003). Pagal Ustinovičiaus (2003) pateiktą klasifikaciją statybos investicijų efektyvumas gali būti nustatytas sprendžiant tam tikrą uždavinių skaičių (1.4 pav.). Statybos investicijų vertinimo procesas analizuojamas kaip statybos vietos parinkimo vertinimas, racionalių variantų pastatų konstrukcijų nustatymas, investicinių variantų nustatymas, finansavimo metodų nustatymas ir rezultatų patikimumo nustatymas.

1.4. Sprendimų paramos sistemų apžvalga

Yra sukurta daug sprendimų paramos sistemų (Šarka *et al.* 2008; Jakučionis, 2000; Banaitienė, Turskis 2004; Malienė *et al.* 1999; Ruokolainen 1999; Zavadskas, Kaklauskas 1996; Zavadskas *et al.* 2001). Čia randami ir atskirus statybos procesus ar projektus nagrinėjantys sprendimai, ir sudėtingi kompleksiniai, įvairiausias statybos sritis apimantys daugiakriterinių sprendimų modeliai. Variantinio projektavimo modeliavimas aprašytas šiuose darbuose: Banaitienė, Turskis 2004; Ruokolainen 1999; Zavadskas *et al.* 2001; Šarka *et al.* 2000; Vanier *et al.* 1993. Sintezės metodų pritaikymas, sujungiant kelis statybos procesus ar projektus į vieną sistemą, pateiktas V. Šarkos (2000) darbe. A. Ruokolainen (1999) darbe pateikta sprendimų paramos sistema, skirta vienbučių gyvenamųjų namų variantų finansinei analizei atlikti. Šiame modelyje taikomi esamos ir vidutinės metinės vertės metodai. Sistema atlieka alternatyvių gyvenamojo namo konstrukcinių, planinių, tūrinių, išorės apdailos, kambarių nomenklatūros ir dydžio, vidaus apdailos variantų ekonominę analizę, pateikia vartotojui reikalingą finansinę informaciją.

Kaip galima būtų pagal daugelį rodiklių parinkti racionalią technologiją vienam ar kitam statybos procesui, rašo keletas autorių. Z. Turskis ir kt. (2007) pateikia, kaip galima būtų automatizuoti statybos darbams vykdyti skirtą technologinių kortelių gamybą.

Z. Turskis ir kiti autoriai (2006) miesto kompaktiškumui įvertinti ir apskaičiuoti taiko lošimų teoriją. Remdamiesi ekspertų apklausa, autoriai išskiria rodiklius ir jų reikšmingumą miesto kompaktiškumui vertinti. Jų modelis ir Bayes taisyklė pritaikyta Kauno plotą padalijant į stačiakampius. Autoriai pateikia diagramą, kurioje pažymėtos probleminės miesto vietos

B-C. Björk (2009) siūlo kompiuterinės integruotos statybos strategiją Suomijos statybos šakai. Efektyviai kompiuterinei integruotos statybos veiklai užtikrinti buvo kuriama statybos šakos informacinė infrastruktūra, susidedanti iš informacinių ir kompiuterinių centrų, žinių ir duomenų bazių, automatizuotos ryšio sistemos. Šioje informacinėje infrastruktūroje buvo diegiami:

- duomenų ruošimo standartai, rengiant statybos šakos duomenų struktūras, apibrėžiant duomenis ir sąryšius tarp jų;
- duomenų perdavimo standartai, rengiant normatyvinius dokumentus, nustatančius privalomas duomenų mainų normas ir taisykles.

M. Eugenia Captivo su bendraautorais (Eugénia Captivo *et al* 2003) nagrinėja daugiakriterines vietos parinkimo problemas. Dažniausiai renkantis vietą ieškoma geriausio galimybių rinkinio. Čia, atsižvelgiant į turimą informaciją (vietovių, kurios gali tenkinti tam tikrus funkcinius reikalavimus, skaičių; kiekvieno infrastruktūros objekto dydį ir pajėgumus; poreikių tenkinimo skaičių), siekiama optimizuoti tikslo funkciją. Paprastai, vietos parinkimo modeliai gali būti klasifikuojami pagal optimalumo kriterijų ir Euklido erdvės charakteristikas. Šio uždavinio sprendimas susijęs su nagrinėjamų galimybių nesuderinamumu. Nors yra pageidaujami infrastruktūros objektai (prekybos centrai, ligoninės, automobilių centrai) ir su jais susiję rodikliai (vidutinis kelionės laikas, vidutinė kelionės kaina, maksimali kelionės kaina), tačiau paskutiniu metu atsirado ir nepageidaujamų infrastruktūros objektų sąrašas (atominiai ir kariniai įrengimai, triukšmingi prekybos centrai, regioniniai nuotekų valymo įrengimai, atliekų perdirbimo gamyklos, oro uostai). Čia tradicinis optimalumo kriterijus (infrastruktūros objektas kuo arčiau vartotojo) keičiamas į priešingą kriterijų (koku didžiausiu priimtinu atstumu nuo vartotojo gali būti nutolę pageidaujami infrastruktūros objektai, kad būtų užtikrintas patogus susisiekimas su jais). Remdamiesi šiuo kriterijumi autoriai pateikė pavyzdį. Varšuvoje buvo sprendžiamas ligoninių vietos parinkimo optimizavimo uždavinys. Šiam tikslui buvo sudarytos penkios tikslo funkcijos:

- minimizuoti gyventojų kelionių sąnaudas – F_1 ;
- maksimizuoti gyventojų patenkinimą sveikatos priežiūros įstaigų tinklo tankumu – F_2 ;
- minimizuoti investicijų išlaidas – F_3 ;
- minimizuoti valdymo išlaidas – F_4 ;
- ligoninių aplinkoje minimizuoti taršą – F_5 .

Šiame darbe galima rasti ir daugiau pavyzdžių, susijusių su vietos parinkimu. Uždaviniai sprendžiami taikant dvikriterinius sveikąjo tiesinio programavimo metodus.

H. Pranevičius su bendraautorais (2006) parengė imitacinių modelių panaudojimo sprendimams priimti verslo valdymo sistemose realiu laiku koncepciją, kuri apima tiek verslo procesų imitacinių modelių sudarymą, tiek jų integravimą į verslo valdymo sistemas. Analizuojami sprendimo priėmimo sistemų bei modelių, kuriuose naudojamas imitacinis modeliavimas, pavyzdžiai. Nagrinėjama sprendimo priėmimo sistemos, veikiančios realiu laiku, architektūra.

M.R. Halfawy su bendraautoriais (Halfawy et al 2006) aprašo Kanados statybos mokslinio tyrimo instituto veiklą diegiant informacines technologijas statybos pramonėje. Siekiant sudaryti efektyvias statybos šakos veiklos sąlygas, jos organizacijos turi laiku gauti išsamią, visapusišką, tikslią, patikimą informaciją apie šalyje galiojančius įstatymus, normatyvinius statybos dokumentus, rekomendacijas, mokslinių ir techninių tyrimų rezultatus. Čia gaunama išsami informacija apie įvairius gamintojus ir jų gaminamą produkciją, rangovus, projektuotojus, ekspertus ir kitas suinteresuotas statybos proceso grupes.

H. Bjornsonas ir R Lundegardas (1993) atliko tyrimus, kaip informacinės technologijos įdiegimas įvairiose Europos statybos organizacijose padidino jų efektyvumą. Firma „Kingdom Ltd“, UK, investavo lėšas į informacinę technologiją, siekdama užtikrinti, ar padidinti vykdomų projektų kokybę. Kompanijos nuomone, žema produkcijos kaina visada svarbi, tačiau tai būtina pasiekti ne kokybės sąskaita. Kompanija siekė, kad priimant sprendimus būtų naudojama išsamesnė ir tikslesnė informacija, gaunama per trumpesnę laiką. Taip priimami sprendimai būna tikslesni ir yra sutaupoma laiko. Be to, buvo priimtas teiginys, kad duomenų, žinių ir patyrimo kaupimas apie projektų kokybės didinimo galimybes, remiantis įgyvendintais projektais, specialistų įgyta patirtimi, trumpina statybos trukmę.

Dauguma užsienyje sukurtų SPS statyboje nagrinėja konkrečius su statybomis susijusius procesus arba sprendžia centralizuotos informacinės sistemos kūrimo, tobulinimo ir valdymo problemas. Taip pat galima rasti ir SPS, kurios sprendžia su konkrečiomis statybos procese kylančiomis problemomis susijusius optimizacijos uždavinius (Park *et al.* 1998).

S. Piramuthu (2008) darbe pateikiami SPS modeliai, naudojant neuroninius tinklus. Šių modelių pagrindas – finansiniai ir verslo modeliai, atliekantys rinkos, kreditų įvertinimo bei finansų analizę. Modeliai skirti optimizavimo uždaviniams spręsti.

N. Topaloglou, H. Vladimirov ir S.A. Zenios (Topaloglou *et al.* 2008) darbuose taip pat aprašomi stochastinio programavimo metodai, naudojami daugiakriterinių sprendimų sistemose. Įvairiapusė finansinių išteklių analizė pateikiama kaip stochastiniais parametrais apibrėžtas tinklinis modelis.

Įvairiose šalyse sukurtos ekspertinės sistemos: kalendorinio planavimo PLATFORM, statyb vietės paruošimo SI-TEPLAN, darbo apsaugos analizės HOWSAFE (Stanfordo universitetas, JAV), preliminaros statybos kainos ir trukmės nustatymo, mūrijimo ekspertizės BERT, kranų parinkimo CRANES (Readingo universitetas, Jungtinė Karalystė), statybos planų sudarymo PLANEX, mūro darbų MASON (Carnegie Meliono universitetas, JAV), statyb vietės analizės DSCAS (Colorado universitetas, JAV), statybos projektų strateginio planavimo ELSIE (Salfordo universitetas, Jungtinė Karalystė), statybos vykdymo

analizės, rizikos analizės IRIS (Texaso universitetas, JAV), kalendorinių grafikų analizės (Illinois universitetas, JAV), statybinių konstrukcijų suirimo diagnostikos nustatymo FDES (Ohio valstybinis universitetas, JAV), rizikos analizės (Georgia technologijos institutas, JAV) (Mohanas 1990).

Grupė Jungtinės Karalystės ir Kuveito mokslininkų sukurta daugiakriterinio subrangovų vertinimo sistema siūlo atrinkinėti subrangovus DELPHI metodu, kuriuo galima įvertinti maksimaliai daug reikšmingumų ir kriterijų, galinčių turėti įtakos rangovo kvalifikacijai (Mandi *et al.* 2002).

Modeliavimo metodas plačiai taikomas sprendžiant strateginio planavimo uždavinius ir investicinius bei finansinius klausimus didelėse gamybos kompanijose (Guerard, Stone 1987; Peterson, Benesh 1983; Hamilton, Moses 1983), smulkių firmų darbo organizavimą (Kim, Han *et al.* 2002; Sutcliffe, 1996), statybos valdymo ir planavimo klausimus (Skitmore, Ng 2001; Ng, Mak, Skitmore *et al.* 2001). Nagrinėjamas metodas taikomas statybos procesams modeliuoti (Alkoc, Erbatur 1997; Shi, AbouRizk 1997;), finansiniams sprendimams priimti statybos firmose (Lam, Runesos 1998).

Nagrinėdamas kapitalo nišos ribotumą, S. Girdzijauskas (Girdzijauskas *et al.* 2009) savo darbuose atskleidė ekonominę reiškinį, vadinamą „kainų burbulu“, ištyrė jo atsiradimo fundamentaliasias priežastis ir vystymosi tendencijas, nurodė galimą jo įtaką ekonominių ciklų susiformavimui, pateikė kainų burbulų matematinius modelius. Ištyrė ir parodė, kad kapitalo nišos poveikyje atsirandantys kredito spąstai yra daugelio finansinių krizių pagrindinė priežastis.

Remiantis lošimų teorija (Peldschus 2008) J. Antucevičienė ir kiti autoriai (2006), E. K. Zavadskas (2006; 2007) nagrinėja pastatų renovavimo modeliavimą. Autoriai pateikia racionalaus pastato renovavimo plano pasirinkimą pagal tam tikrus rodiklius. Pirma, nustatoma pastato paskirtis: a) gamybai ar komerciniams tikslams, b) ūkininkavimui arba c) nugriovimui ir po nugriovimo gautų šiukšlių perdirbimui. Priimant racionalų sprendimą taip pat svarbu įvertinti esamą pastato būklę ir jo aplinką, rekonstrukcijos galimybes ir poveikį aplinkai. Todėl kiekvienas pastatas vertinamas pagal šiuos 15 rodiklių: 1) vidutinis dirvožemio derlingumas (angl. *fertility*) (kiekybinis skaičius (angl. *cardinal numbers*)), 2) vietinės populiacijos gyvenimo kokybė (kiekybinis skaičius), 3) populiacijos aktyvumo indeksas (%), 4) BVP lyginant su vidutiniu šalies BVP (%), 5) investicijos (Lt vienam žmogui), 6) užsienio investicijos (Lt $\times 10^3$ vienam žmogui), 7) pastato renovavimo kaina (Lt $\times 10^6$), 8) vietinės populiacijos pajamų didėjimas (Lt $\times 10^6$ per metus), 9) pardavimų padidėjimas vietovėje (%), 10) užimtumo (angl. *employment*) padidėjimas (%), 11) valstybės pajamos iš verslo ir nuosavybės mokesčių (Lt $\times 10^6$ per metus), 12) verslo įvaizdis, 13) statybinio pobūdžio sunkumai renovuojant pastatą, 14) užterštumo lygis, 15) gyvenvietės patrauklumas (vaizdas, landšafto kokybė ir kt.). 2, 7, 13 ir 14 rodikliai susiję su minimizavimu, kiti – su maksimizavimu. Šių rodiklių reikšmingumas taip pat

nustatomas vertinant variantus. *Bayes* ir *Laplace* taisyklės taikomos racionaliai renovavimo alternatyvai pasirinkti. Autorių pateiktas eksperimentas parodė, kad lošimų teorijos taikymas yra efektyvi tokio pasirinkimo priemonė.

E. K. Zavadskas ir kiti (2007) modeliuoja ir prognozuoja racionalią Vilniaus statybą, siekdami sumažinti miesto užterštumą. Tam jie atlieka sudėtingą aplinką veikiančių mikro, meso ir makrofaktorių analizę ir nustatė didžiųjų miestų globalias plėtros tendencijas. Tai: a) namų statyba b) atliekų perdirbimas, c) vidinės aplinkos užterštumas, d) aplinkos planavimo skaidrumas ir efektyvus visuomenės dalyvavimas valdyje, e) vietinis klimatas ir oro sąlygos.

P. Juškevičius ir M. Burinskienė (2007) naudoja matematinius statistinius metodus gyventojų sveikatai nustatyti, atsižvelgiant į gyvenamąjį regioną. Autoriai teigia, kad yra glaudus ryšys tarp gyvenamosios vietovės erdvės (jos dydžio, esamų įrenginių, nusidėvėjimo ir kt.), gyvenamosios vietovės aplinkos (triukšmo, oro užterštumo, galimybės ramiai ilsėtis) ir gyventojų sergamumo, socialinių patologijų bei darbo efektyvumo.

A. Banaitis ir N. Banaitienė (2007) analizuoja racionalų apgyvendinimą Lietuvoje ir siūlo teorinį modelį apgyvendinimui vertinti pagal aplinkos mikro ir makrofaktorių. Autoriai ištyrė 5 faktorių grupes. Tai: a) ekonominiai faktoriai, b) statybų investicijų ir finansavimo faktoriai, c) rodikliai, apibūdinantys šalių pereinamąjį laikotarpį, d) apgyvendinimo tūris, kiekis ir tankis ir e) apgyvendinimo politika. Lietuvos apgyvendinimą autoriai siūlo vertinti pagal ekonominius, socialinius, apgyvendinimo tūrio, kiekio ir tankio, įstaigų struktūros, teisinės bazės ir politinių prioritetų faktorių.

A. Kaklauskas (Kaklauskas *et al.* 2007) daugiatikslį metodą naudoja nustatyti nekilnojamojo turto rinkos vertei. Jis nurodo rodiklius, kuriais remiantis reikia vertinti, ir pabrėžia šių rodiklių reikšmingumą.

W.K.M. Brauers ir kiti autoriai (Brauers *et al.* 2008,) sukūrė kelių variantinio projektavimo optimizavimo metodiką. Metodikoje pritaikė MOORA metodą (Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis). Šio metodo pagrindas – visas alternatyvas aprašanti efektyvumo rodiklių matrica. Publikacijoje nagrinėjamas pavyzdys rodo praktinį pritaikymą. Nustatyta geriausia iš pateiktų alternatyvų. Šis metodas naudojamas tuomet, kai turima matrica su skirtingomis alternatyvų reikšmėmis (Brauers and Zavadskas 2006). Remiantis daugiatiksliais vertinimo metodais, savo darbuose nagrinėja ir sprendžia sudėtingas gyvenamosios ir darbo aplinkos vertinimo problemas (Kalibatas and Turskis 2008; Ginevicius *et al.* 2008; Banaitiene *et al.* 2008; Mickaitytė 2008, Kaklauskas *et al.* 2004, Bovea and Gallarado 2006; Cheong *et al.* 2006; Rutman *et al.* 2005; Gulyas *et al.* 2006; Hui *et al.* 2007; Kaklauskas *et al.* 2005; Mui and Chan 2006; Martinaitis *et al.* 2004; Martinaitis *et al.* 2007; Formas 2004; Greening and Bernow 2004; Hadjiski *et al.* 2007; Kosonen and Tan 2004; Lee *et al.* 2007; Ševčenko *et al.* 2008; Turskis 2008; Viteikiene 2006; Viteikiene and

Zavadskas 2007; Wong *et al.* 2006; Zavadskas *et al.* 2004; Zavadskas and Vilutiene 2006; Zavadskas *et al.* 2008a, b, c; Zavadskas *et al.* 2007).

1.5. Pirmojo skyriaus išvados

1. Atlikus gyvenamojo būsto rinkos analizę nustatyta, kad Lietuva pagal kvadratinį metrų tenkančių vienam gyventojui skaičių patenka į penketuką mažiausiai kvadratų turinčių ES šalių. Taip pat Lietuva, net ir ekonomikos ir statybos pakilimo metais, buvo penketuke ES šalių per metus buvo pastačiusių mažiausiai kvadratinį metrų vienam gyventojui. Taigi, Lietuvoje būsto pertekliaus nėra ir šiuolaikiškas, kokybės standartus bei ekonomišką būstą yra ir bus paklausus.
2. Atlikus mokslinės literatūros, nagrinėjančios investicijų efektyvumo klausimus, analizę, galima teigti, kad nėra bendros nustatytos investicinių projektų efektyvumo vertinimo sprendimų metodikos, įvertinančios skirtingų rinkos dalyvių investuotojo ir galutinio vartotojo poreikius ir pozicijas, ekonominio efektyvumo, investicijų racionalumo bei gyvenimo kokybės aspektais.
3. Nustatyta, kad šiuo metu taikomi metodai ir modeliai dažniausiai atsižvelgia į atskirus sprendimo aspektus ir nėra susieti su įvairių statybos dalyvių skirtingais tikslais ir galutiniais poreikiais ir tai galima įvardinti kaip trūkumus, kurie neigiamai veikia modelių naudojimo efektyvumą realiuose uždaviniuose.

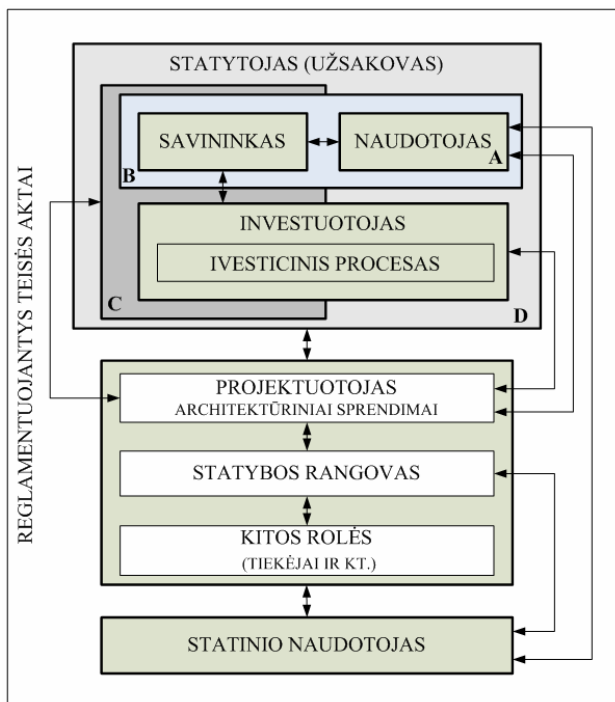
Investicijų į gyvenamųjų pastatų statybą problematika ir galimų sprendimų analizė

Atliekant Lietuvos statybos sektoriaus veiklas reglamentuojančių dokumentų analizę identifikuota, kad dalies problemų priežastys slypi statybos procesą reglamentuojančiuose dokumentuose vartojamų terminų apibrėžtyse. Tos pačios problemos persikelia toliau, į procesų reglamentavimą, apibrėžiant dalyvių teises ir pareigas, reglamentuojant veiklas.

2.1. Gyvenamosios paskirties objektų investicinės veiklos dalyviai

Iš atliktos apžvalgos ir esamos situacijos Lietuvoje galima teigti, kad šiuo metu Lietuvos Respublikos statybos įstatyme (2009), statybos techniniuose reglamentuose yra daug nesutapimų ir nesuderintų dalykų, susijusių su statybos procesu, jo dalyviais bei jų interesų derinimu. Šiuo metu mūsų šalyje užsakovo vaidmuo dažnai gali sutapti su investuotojo, statytojo ar net rangovo vaidmenimis. Kadangi visi šie proceso dalyviai turi savo tikslus, interesus ir

vaidmenis, o jie yra skirtingi, su tik jiems būdingais požymiais, atsiranda daug probleminių klausimų, kuriuos spręsti pagal galiojančius teisės aktus yra sudėtinga, o kartais net neįmanoma. Todėl dažnai nukenčia būtent naudotojo poreikiai – patogumas, estetiškas pastato vaizdas, mikroklimatas, ekonomiškumas, eksploatacijos sąnaudos ar net pastato kokybė.



2.1. pav. Investavimo į gyvenamuosius namus proceso dalyviai, įtaka bei ryšiai

Fig. 2.1. The participants, roles and relationships of investment in dwelling houses

Pagal Lietuvos Respublikos statybos įstatymą (2009) statinio Naudotojas yra statinio Savininkas ar kitas fizinis ar juridinis asmuo, kuris naudoja statinį (*B* zona) (2.1 pav.). Taigi statinio Naudotojas gali ir nebūti jo Savininku (*A* zona), t. y. galimi tokie atvejai, kai statiniu naudojasi, pvz., Nuomininkas. Tokiu atveju statinio Naudotojas nedalyvauja pradinuose pastato gyvavimo ciklo etapuose (planavimo, projektavimo, statybos) bei atsiranda tik eksploatacijos ir priežiūros metu, o tai reiškia, kad priimant sprendimus, kurie lemia Naudotojo gyvenimo kokybę, pats Naudotojas nedalyvauja. Sprendimus, projektavimo užduotį,

pagrindinius reikalavimus būsimam pastatui formuluoja Investuotojas, kurio tikslai ir interesai yra kiti.

Lietuvos Respublikos statybos įstatymas (2009) reglamentuoja, kad Statytojas (Užsakovas) yra Lietuvos ar užsienio valstybės fizinis ar juridinis asmuo, kuris investuoja lėšas į statybą ir kartu atlieka Užsakovo funkcijas (ar jas paveda atlikti kitam fiziniam ar juridiniam asmeniui) (*D* zona). Jei Statytojas (Užsakovas) yra ir pastato naudotojas, daugelio keblumų galima išvengti, nes LR statybos įstatyme ir daugelyje statybos techninių reglamentų Naudotojo vaidmens nebelieka. Statytojas (Užsakovas) sutapatinamas su Investuotoju, Savininku ir Naudotoju. Pastato statybos kokybės klausimus sprendžia Statytojo pasirinktas techninis prižiūrėtojas, kuris labai svarbus pastato naudotojui ir savininkui, tačiau jo buvimu tam tikrais atvejais gali būti nesuinteresuotas Investuotojas. Dar sudėtingesnė situacija, jei visus šiuos vaidmenis atlieka Rangovas (pvz., Įmonė užsiima tiek investicine, tiek statybos darbų vykdymo veikla). Tokiu atveju Naudotojo perspektyvos kokybės klausimu yra tikrai sudėtingos.

Tad galima teigti, kad interesų konfliktas šiais atvejais neišvengiamas.

Siekiant rasti šio konflikto sprendimą, autorė siūlo atskirti investuotojo – statytojo ir naudotojo funkcijas.

2.1.1. Investuotojo poreikiai

Ilgalaikė ir efektyvi įmonės veikla, teisingas jos vystymas ir gebėjimas konkuruoti priklauso nuo investicinio aktyvumo bei investicinės veiklos apimčių. Klausimus, apimančius investicinę kompanijos veiklą, reikia išsamiai analizuoti ir priimti valdymo sprendimus tam, kad būtų galima tinkamai nukreipti bei formuoti kompanijos investicijas ir jų efektyvumą.

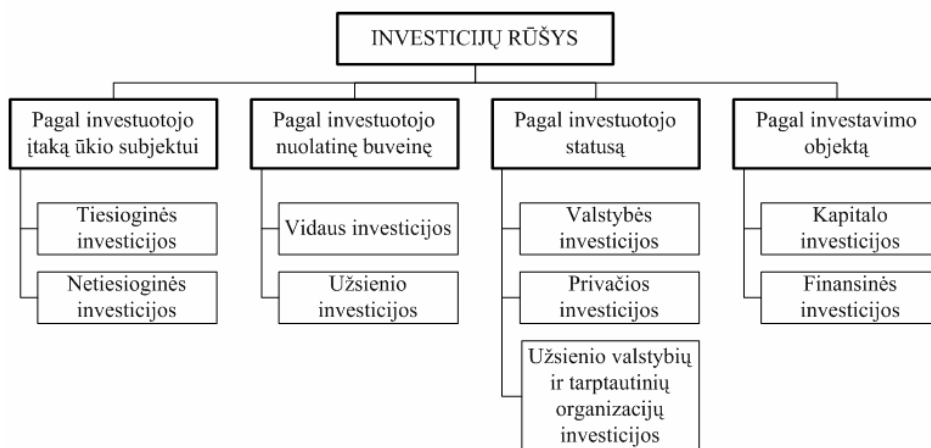
Investicijų projektas – dokumentas, finansiškai (ekonomiškai), techniškai ir socialiai pagrindžiantis investavimo tikslus, įvertinantis investicijų grąžą (komercinis projektas) bei kitus efektyvumo rodiklius, nurodantis projektui įgyvendinti reikalingas lėšas bei finansavimo šaltinius ir terminus (LR investicijų įstatymas).

Pagal Lietuvos Respublikos investicijų įstatymą investicijų rūšys klasifikuojamos pagal:

1. Investuotojo įtaką ūkio subjektui (2.2 pav.):
 - tiesioginės investicijos – investicijos ūkio subjektui steigti bei įregistruoto ūkio subjekto kapitalui ar jo daliai įsigyti, taip pat reinvesticijos, paskolos ūkio subjektams, kuriuose investuotojui priklauso kapitalas ar jo dalis, subordinuotos paskolos, jei investuojama siekiant užmegzti arba palaikyti ilgalaikius tiesioginius investuotojo ir ūkio subjekto, į kurį investuojama, ryšius ir

investuojant įsigyta kapitalo dalis suteikia investuotojui galimybę kontroliuoti arba daryti nemažą įtaką ūkio subjektui;

- netiesioginės (portfelinės) investicijos – investicijos, jei investuojant įsigyta kapitalo dalis nesuteikia investuotojui galimybės daryti nemažą įtaką ūkio subjektui.



2.2 pav. Investicijų rūšys pagal investuotojo įtaką ūkio subjektui

Fig. 2.2. Types of investment for the investors' influence upon it

2. Investuotojo nuolatinę buveinę (rezidavimą):

- vidaus investicijos – Lietuvos valstybės, Lietuvos Respublikos fizinių ir juridinių asmenų investicijos Lietuvos Respublikoje;
- užsienio investicijos – užsienio valstybių, tarptautinių organizacijų, užsienio fizinių ir juridinių asmenų investicijos Lietuvos Respublikoje.

3. Investuotojo statusą:

- valstybės investicijos – investicijos valstybės poreikiams tenkinti nacionalinio biudžeto, valstybės (savivaldybių) fondų lėšomis, Lietuvos valstybės (savivaldybių) vardu gautomis paskolomis, valstybės (savivaldybių) įmonių lėšomis ir kitu valstybės (savivaldybių) turtu bei valstybės (savivaldybių) suteikiamomis paskolų garantijomis;
- privačios investicijos – Lietuvos Respublikos ir užsienio privačios nuosavybės teisės subjektų investicijos;
- užsienio valstybių ir tarptautinių organizacijų investicijos.

4. Investavimo objektą:

- kapitalo investicijos – investicijos ilgalaikiam materialiajam ir nematerialiajam turtui sukurti, įsigyti arba jo vertei padidinti;
- finansinės investicijos – visos investicijos, išskyrus nurodytas šios dalies 1 punkte.

Investuotojai gali investuoti Lietuvos Respublikoje įstatymų nustatyta tvarka šiais būdais:

1. Steigdami ūkio subjektą, įsigydami Lietuvos Respublikoje įregistruoto ūkio subjekto kapitalą ar jo dalį.
2. Įsigydami visų rūšių vertybinius popierius.
3. Sukurdami, įsigydami ilgalaikį turtą arba didindami jo vertę.
4. Skolindami lėšas ar kitą turtą ūkio subjektams, kuriuose investuotojui priklauso kapitalo dalis, suteikianti jam galimybę kontroliuoti arba daryti nemažą įtaką ūkio subjektui.
5. Vykdydami koncesijų ir išperkamosios nuomos (lizingo) sutartis (pagal LR investicijų įstatymą).

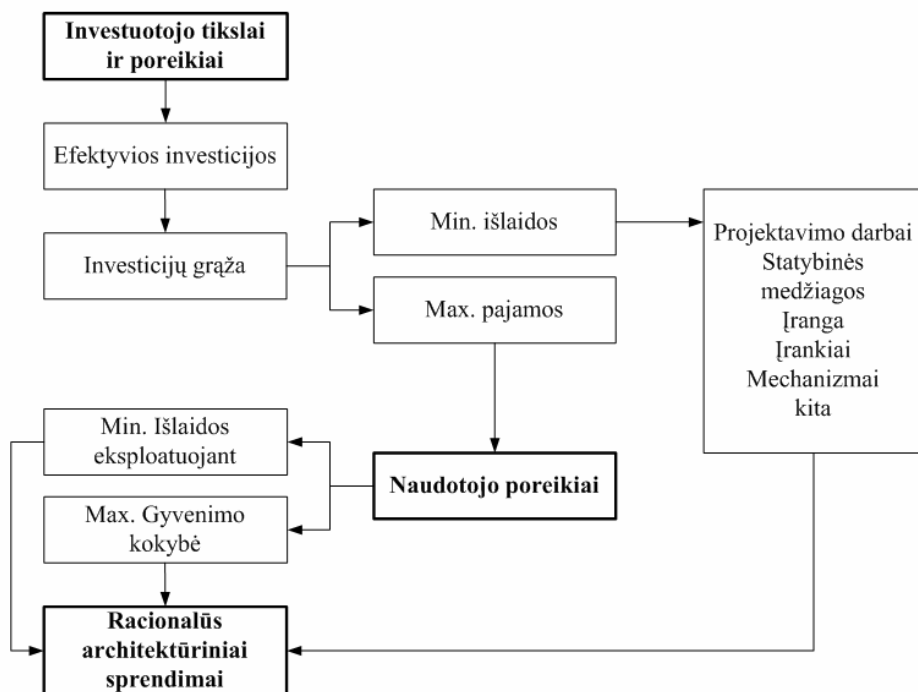
Investuotojais gali būti tiek įvairios organizuotos verslo formos (korporacijos, investiciniai fondai, finansų institucijos), tiek pavieniai juridiniai bei fiziniai asmenys.

Pagrindinis investuotojo tikslas – efektyvūs investiciniai sprendimai, kai įdėtas kapitalas padidėja (2.3 pav.). Tai galima užtikrinti išleidžiant mažiau ir stengiantis gauti didesnes pajamas.

Architektūriniai sprendimai, priimami projektuojant pastatą, turi atitikti LR statybos įstatymo nuostatas, statybos techninių reglamentų sąlygas, atitikti esminius statiniui keliamus reikalavimus, atitikti statinio projektavimo užduotį. Projektavimo užduotis yra neatskiriama projektavimo darbų rangos sutarties dalis, kuri turi būti suderinta ir pasirašyta Statytojo (Užsakovo).

Dažniausiai Naudotojo poreikiai nustatomi atliekant rinkos tyrimus, tačiau taip galima nustatyti tik šios dienos Naudotojo poreikius, o kaip numatyti atsirasiančius ateityje? Tokiu atveju daugelį klausimų reikia spręsti tik numatant, kokie bus galutinio naudotojo poreikiai.

Dirbant statybos sektoriuje labai svarbu laikas, o rinkoje – šios dienos poreikiai. Reaguoti į poreikių kaitą reikia operatyviai. Todėl šioje srityje labai svarbus projektuotojo vaidmuo, jo naujas požiūris į tai, kas vyksta šiandien, ir į tai, kas vyks ateityje. Tai numatyti projektuotojui tikslinga tenkinant naudotojo poreikius orientuojantis į investuotojo tikslus.



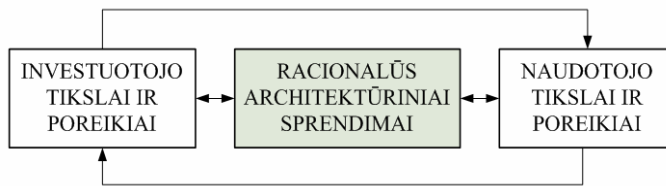
2.3 pav. Investuotojo tikslų užtikrinimas

Fig. 2.3. Investor protection goals

Dar labai svarbus architekto vaidmuo rengiant projektą – estetinė pastato ir jį supančios aplinkos išraiška. Taigi architekto uždavinių kompleksiškas – naudotojo ir investuotojo tikslų bei poreikių derinimas (2.4 pav.) ir čia daug priklauso nuo požiūrio į etinius profesijos principus.

Projektuotojo paslaugos turi būti nukreiptos į naudotojo gyvenimo kokybę, užtikrinant investuotojo, rangovo racionalių tikslų (pelno ir kt.) įgyvendinimą (2.4 pav.).

Taigi architektas yra vienas iš pagrindinių proceso dalyvių, lemiančių investicinio projekto sėkmę, o Investuotojo tikslai gali būti pasiekti tik užtikrinant Naudotojo poreikius.



2.4 pav. Investuotojo ir naudotojo tikslų derinimas

Fig. 2.4. An investor and user coordination of objectives

2.1.2. Naudotojų poreikiai

Naudotojai – tai asmenys arba jų grupės, nuomininkai, gyvenamųjų namų savininkai, naudojantys nekilnojamąjį turtą savo reikmėms. Jų poreikiams tenkinti įgyvendinamas investicinis projektas. Projekto sėkmė priklauso nuo to, ar poreikiai bus įgyvendinti. Dėl to galima teigti, kad tai yra svarbiausia suinteresuotoji šalis, užtikrinanti investavimo sėkmę.

Lietuvoje dažniausiai naudotojo poreikiai atsiduria antrame plane.

Svarbiausias gyvenamųjų namų naudotojų poreikis – gyvenimo kokybės užtikrinimas, esant racionalioms išlaidoms, todėl būtina skirti dėmesį į darnios plėtros aspektus: socialinis, ekonominis, techninis bei aplinkosauginis.

Didžiosios Britanijos architektūros ir sukurtos aplinkos komisija (The Comission 2008) gyvenimo kokybę, namus ir jų apylinkes vertina tokiomis rodiklių grupėmis, į kuriuos galima būtų atsižvelgti ir kitose šalyse:

- Savitumas:

1. Projekto išskirtinumas, vieta, turinti išskirtinių bruožų.
2. Kokybiška pastato architektūra.
3. Gatvėmis ir pastatais gerai suformuotos erdvės.
4. Pastatais suformuotas lengvai įsimenamas, neklaidus kelias.
5. Pastatas pritaikytas aplinkoje išnaudojant kraštovaizdį, reljefą, greta esančius pastatus.
 - Keliai, automobilių statymas ir pėsčiųjų zonos:
 1. Daugiausia dėmesio skiriama pastatams, automobilių statymo vietos, keliai ir magistralės nedominuoja.
 2. Gatvės ir susisiekimo priemonės pritaikytos pėstiesiems.
 3. Automobilių statymo vietos gerai integruotos ir palaiko supančią aplinką.

4. Pastatas pritaikytas prie esamų kelių, takelių ir yra darnus su aplinka.
5. Yra saugi, pritaikyta pėstiesiems ir prižiūrėta visuomeninė erdvė.
 - Pastato dizainas ir konstrukcijos:
 1. Pastatas yra savitas jį supančioje aplinkoje.
 2. Visuomeninė erdvė gerai suplanuota, tinkamai valdoma ir tvarkoma.
 3. Pastatas ar erdvė viršija teisės aktuose nustatytus reikalavimus.
 4. Pastato projektas parengtas taikant pažangias konstrukcijas ar technologijas ir dėl to tampa patrauklesnis, kokybiškesnis ir gerėja jo techninės charakteristikos.
 5. Vidaus erdvės ir išdėstymas palieka galimybę plėtrai, pokyčiams ir testinimui.
 - Aplinka ir bendruomenė:
 1. Galimybė naudotis visuomeniniu transportu gyvenamajame rajone.
 2. Savybės, mažinančios gyvenamojo rajono poveikį aplinkai.
 3. Valdymo testinumas, išreiškiantis vietos bendruomenės poreikius.
 4. Suderinti patogumai, atitinkantys vietos bendruomenės poreikius ir siekius.
 5. Galimybė patogiai pasiekti mokyklą, parką, vaikų žaidimų aikšteles, parduotuves, kavines.

Statant gyvenamuosius namus siekiama patenkinti žmogaus, ekonominius, kultūrinius ir ekologinius poreikius. Todėl pastato statybos, rekonstrukcijos ar modernizacijos plano pasirinkimas priklauso nuo daugelio rodiklių. Visos konstrukcijos turi būti parinktos taip, kad būtų kuo pigesnės tiek statant, tiek eksploatuojant, tačiau tuo pat metu ir efektyvios. Būtina sąlyga, kad energijos taupymas eksploatacijos metu būtų pasiekiamas išlaikant tinkamą mikroklimatą (Sarja, Vesikari 1996).

2.2. Architektūriniai sprendimai darnios plėtros kontekste

Architektūra prasideda nuo statinio detalės – slenksčio, durų rankenos, lango ar kamino – ir plečiasi apimdama pastato visumą, statinių kompleksą ir jų aplinką, visa tai pritaikant žmogaus poreikiams (LR architektūros politikos kryptių aprašas). Tai nėra tik pastatas, jį aprėpia gatvė, miestelis, didmiestį ir kraštovaizdį.

Aukštos kokybės aplinka yra ne prabanga, bet esminis civilizuotos visuomenės bruožas (LR architektūros politikos kryptių aprašas).

Architektūros pažanga labai priklauso nuo valstybės dėmesio ir paskatų ugdyti architektūros kokybę. Architektūros paveldas ir gera šiuolaikinė architektūra skatina turizmo ir su juo susijusios paslaugų infrastruktūros plėtrą. Architektūra tiesiogiai veikia ekonomiką ir daugumą rinkos šakų, kraštovarkos kokybę. Valstybės architektūros politika veikia kultūrinę, socialinę ir ekonominę šalių raidą, o tai lemia jų stabilumą ir konkurencingumą. Architektūra – viena iš veiksmingiausių tiek vidaus, tiek užsienio politikos ilgalaikio poveikio priemonių (LR architektūros politikos kryptių aprašas).

Kiekvienas žmogus turi teisę į gerą, kokybišką gyvenamąją aplinką. Tiek aplinka, tiek pastatai turi būti funkcionalūs, patogūs, nebrangūs eksploatuoti, optimaliai tvarūs, vienyti meninius ir estetinius bei racionalius buitinius poreikius. Visi architektūriniai ir investiciniai projektai turėtų būti rengiami atsižvelgiant į darnią plėtrą.

Darni gyvenamoji aplinka minima jau 1987 m. Jungtinių Tautų aplinkos ir vystymosi komisijos ataskaitoje „Mūsų bendra ateitis“ buvo suformuluotos pagrindinės darnaus vystymosi nuostatos ir pateiktas darnaus vystymosi apibrėžimas: „*Darnus vystymasis – tai toks vystymasis, kuris tenkina dabartinius visuomenės poreikius, nemažindamas ateinančių kartų galimybių tenkinti savuosius*“. Ataskaitoje buvo ypač akcentuota, kad darnus vystymasis turi būti ne tik pagrįstas ekonominių ir aplinkosauginių interesų derinimu, bet ir garantuoti valstybės vidaus ir tarpvalstybinių santykių socialinį teisingumą. Faktiškai darnaus vystymosi koncepcijos pagrindą sudaro trys lygiaverčiai komponentai – aplinkos apsauga, ekonominis vystymasis ir socialinis vystymasis (Juknys 2003; WCED 1987).

Darni gyvenamoji aplinka turėtų atitikti pagrindinius keliamus darnos reikalavimus:

- Išteklių sunaudojimas (medžiagos, energija) turi būti ne didesnis kaip jų atsinaujinimas.
- Teršalų emisijos lygis turi būti ne didesnis negu kad šie teršalai gali būti absorbuoti.

Pagrindiniai darnos reikalavimai gali būti pasiekti tenkinant šiuos tikslus:

- mažinti iš žemės vartojamos energijos ir medžiagų kiekį;
- mažinti poveikį natūraliai aplinkai;
- gerinti žmonių gyvenimo kokybę;
- mažinti pastatų gyvavimo ciklo sąnaudas.

Vadovaujantis šiais tikslais, pastaraisiais metais visame pasaulyje sparčiai plėtojosi judėjimas, siekiantis sukurti ekologiškus miestus, derančius su gamta. Dažnai kalbant apie darnią plėtrą, darnų miestų vystymąsi vartojami nauji „šaukiniai“: „Ecocity“, „Ecopolis“ ar „Ecovillage“. Daugėja miestų, kurie savo

vizijas formuoja remdamiesi būtent šiais darnios plėtros arba EKO miesto principais. (Burnett 2007, Mendonça ir Bragança 2007, Melchert 2007)

Išnagrinėtos keturios ES ir pasaulinėje praktikoje suformuotų ECO miestų modelių schemas:

- 2005 m. Europos Komisijos užsakymu parengtos ES ECOCITY miestų tyrimų ataskaitos.
- 2006 m. inicijuotas ir įgyvendinamas CONCERTO programos ECO CITY 4 ES šalių vykdomas projektas.
- Dongtan Eco-City (Kinija).
- Johanesburgo, Švedijos ir Jungtinės Karalystės darnios statybos modeliai ir patirtis.

ES projektas (ECOCITY 2008) vykdomas Bad Ischl, Barcelona, Gyoer, Tampere, Trnava, Tuebingen, Umbertide miestuose. Pagrindinis projekto tikslas – sukurti gyvenviečių modelius darniems miestams (ECO miestams), ypatingą dėmesį kreipiant į aplinką tausojančią susisiekimo sistemą. Strategija kurti erdvę ir energiją taupančią gyvenviečių struktūrą teikia prioritetą darnaus transporto reikalavimams (pėsčiųjų saugumas, efektyvi viešojo transporto ir logistikos sistema), taip pat energijos efektyvumui, aplinkos kokybei ir atsinaujinančiųjų energijos šaltinių naudojimui. Kuriant gyvenviečių modelius septyniose pasirinktose projekto gyvenvietėse buvo siekta suintensyvinti priimtų darnaus vystymosi principų įgyvendinimą ir pademonstruoti ateities gyvenviečių, tenkinančių darnos reikalavimus, galimybes ir patrauklumą. Šiame projekte nustatyti keturi sektoriai, kurie svarbūs gyvenvietės vystymui:

- miesto struktūra;
- transportas;
- energija ir medžiagos;
- socialinis-ekonominis.

Kiekvienas šių sektorių sudarytas iš įvairių aspektų, kurie ir formuoja bendrą ECO miesto koncepcijos pagrindą. ECO miesto vizija apima visus darnios gyvenvietės požymius iš visų minėtų sektorių. Pavaizduoti aspektai susiję su miesto struktūros projektavimu, susisiekimo sistema, energija ir medžiagomis, visuomenės gyvenimo būdu ir ekonomika. Pagrindiniai ECO miesto vizijos elementai:

- trumpų atstumų miestas;
- miestas, maksimaliai išnaudojantis užimtus žemės plotus;
- išlaikantis pusiausvyrą su gamta;
- subalansuotos įvairios paskirties erdvės;
- suvienytas su jį supančia aplinka;
- sukuriantis mažiau atliekų ir jas perdirbantis;
- mažesni energijos poreikiai mieste;
- gaminantis energiją iš atsinaujinančiųjų energijos šaltinių;

- viešosios erdvės pritaikytos kasdieniam gyvenimui;
- skirtas pėstiesiems, dviratininkams ir viešajam transportui;
- skirtas saugiam, sveikam ir komfortiškam gyvenimui;
- aukštos moralės, gyventojų bendruomenės valdomas miestas;
- patogiai prieinamas visiems miestas;
- stipri vietos ekonomika;
- turintis kultūrinį identitetą.

Pagrindinis tikslas – integruoti ekologinius, socialinius ir ekonominius darnos aspektus visuose sektoriuose ir atsižvelgti į skirtingų sektorių aspektų tarpusavio ryšius kuriant sprendimus. Tai vadinamasis integruotas arba holistinis požiūris.

Pagrindiniai ECO miesto principai:

1. Miesto rajonai turi būti suformuoti mišriam naudojimui su optimaliu santykiu tarp gyvenamojo, komercinio, gamybos ir pramogų plotų.
2. Naujos miesto struktūros linijos turi būti kildinamos iš egzistuojančios miesto ir regioninės aplinkos, kad palaikytų tęstinumą.
3. Miesto vystymas turi būti suderintas atsižvelgiant į skirtingus transporto, ekologijos, ekonomikos, ir sociohigieninių aspektų reikalavimus.
4. Anksčiau taikytos ir apleistos teritorijos turi būti atkurtos ir (arba) perstatytos.
5. Miesto struktūra ir pastatai turi būti suprojektuoti taip, kad būtų numatyta, kaip juos keisti, vystyti, atstatyti ar zonuoti naujai.
6. Gyvenamieji būstai ir rajonai turi būti pritaikyti naudoti visais lygiais taip, kad tenkintų skirtingų gyventojų grupių poreikius, įtraukiant ir socialinį apgyvendinimą.
7. Pagrindinės paslaugos mieste turi būti išdėstytos taip, kad sudarytų palankias sąlygas jas pasiekti pėstiesiems.
8. Vietinė kultūra ir istorinis paveldas turi būti apsaugoti ir toliau palaikomi.
9. Gatvės ir skverai turi atitikti žmonių padėtį bei sudaryti patrauklią ir patogią aplinką gyventojams, tačiau tausotų gamtą. Tokiu būdu formuojamos struktūros turi tarpusavyje suderinti specializuotų poreikių ir viešųjų atvirų erdvių plotus.

10. Miesto aplinkoje neturi būti architektūrinių barjerų neigaliesiems, kad net ir žmonės, turintys negalią, turėtų galimybę naudotis visomis paslaugomis.
11. Nenuodingoms ir natūralioms statybinėms medžiagoms iš atsinaujanančiųjų išteklių turėtų būti teikiama pirmenybė, atsižvelgiant į ilgaamžiškumą ir pastato gyvavimo ciklą.
12. Vietiniams šaltiniams (medžiagoms, darbui) turi būti teikiama pirmenybė.
13. Pėsčiųjų ir dviratininkų takai turi atitikti pagrindinį regiono transporto tinklą.
14. Motorizuoto transporto naudojimas turi būti mažinamas, kiek tai yra įmanoma.
15. Gyventojai, ypač gyvenamuosiuose rajonuose, turi būti apsaugoti nuo neigiamų transporto ir pramonės poveikio (triukšmo, oro taršos ir vibracijos).
16. Visi svarbūs objektai mieste turėtų būti pasiekiami viešuoju transportu.
17. Transporto priemonių greitis turi būti mažinamas, kad gatvės taptų saugesnės ir patrauklios pėstiesiems.
18. Žemės naudojimas automobiliams statyti ir kiti su tuo susiję neigiami poveikiai turi būti sumažinti.
19. Nepraeinami plotai turi būti sumažinti.
20. Atliekos turi būti perdirbamos, atliekų kiekiai sumažinti iki žemiausio lygmens.
21. Turi būti užtikrinamas kokybiško geriamojo vandens kiekis visiems vartotojams.
22. Energijos suvartojimo mastas turi būti sumažintas vartojant energiją taupančias technologijas ir energijos taupymo programas.
23. Mažinant energijos poreikius, alternatyvūs energijos šaltiniai turėtų būti įvertinti ir taikomi plėtojamam gyvenvietės modeliui.
24. Pastatų vieta ir jų orientacija turi būti parenkami taip, kad būtų galima labiau išnaudoti natūralią dienos šviesą ir pasyviai vėsinimo/šildymo priemones.

25. Kompaktiški pastatai (namai su terasomis ir vidutinio aukštingumo pastatų kompleksai) taupo energiją, todėl turėtų būti skiriamas ypatingas dėmesys projektuojant tokio tipo naujas miestų struktūras.
26. Gamtos elementai (medžiai, augmenija ir vanduo) turi būti panaudoti, gerinant klimato sąlygas, ekologinį stabilumą ir kaip estetiškos miesto aplinkos vertybės.
27. Žalia erdvė poilsiui yra būtina žmogaus sveikatai, todėl turi būti prieinama kiekvienam.

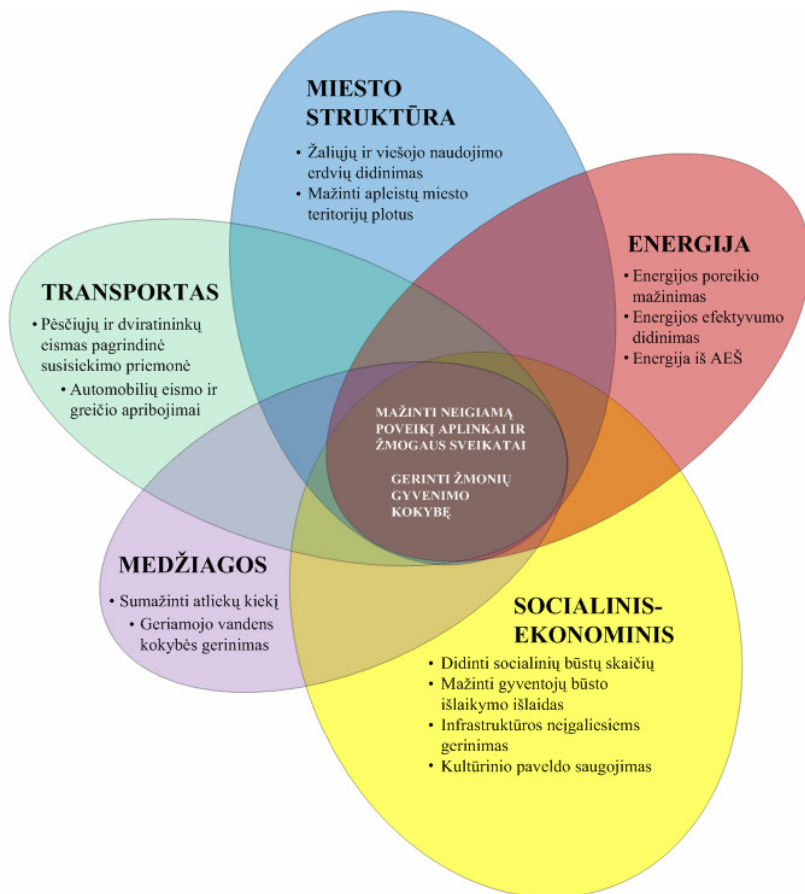
Kinijos vyriausybė ėmėsi iniciatyvos kurti naujus miestus pagal darnios plėtros principus, kūrimo procese taikant pažangiausias žaliasias technologijas. Užsibrėžtas tikslas – Dongtan miestą paversti žaliuoju miestu (angl. *Green city*), darantį minimalų poveikį aplinkai. Dėl darnaus planavimo sukurtas miestas bus „savarankiškas“, visą reikalingą energiją pasigaminantis iš atsinaujinančiųjų energijos šaltinių, auginantis visą maistą ir kartotinai naudojantis visas atliekas. Dongtan ECO miestas siekia pakeisti ryšį tarp miesto aplinkos ir gamtos sukurdamas darnią, taupiai naudojančią išteklius, kultūriškai turtingą aplinką, kur gyvenimo kokybė bus unikali, lyginant su bet kuria kita Kinijos vieta.

Pagrindiniai Dongtan ECO miesto ekologinės plėtros principai ir tikslai:

- Išlaikyti ekologinį pėdsaką, artimą pasauliniam lygiui (2.2 Ha/pers.).
- Mažinti pastatuose ir transporto suvartojamą energijos kiekį.
- Padidinti iš atsinaujinančiųjų energijos šaltinių pagaminamos energijos dalį.
- Sukurti uždaro rato atliekų perdirbimo sistemą.
- Skatinti vartoti vietinį išaugintą organinį šviežią maistą (žemės nuosavybę turintys gyventojai augina savo maistą).
- 64 % sumažinti energijos poreikį, visą energiją gaminti iš atsinaujinančiųjų energijos šaltinių.
- Nulinės CO₂ emisijos transportas.
- Sumažinti transporto keliamą triukšmą (kad būtų ne daugiau kaip 55 dB).
- Pagerinti susisiekimą ir sumažinti kelionių transportu atstumus: vidutinis kelionių per dieną atstumas – 0,6 mln. km, vidutinis kelionės ilgis – 6 km.
- Vandens priežiūra ir kartotinis vartojimas.
- Vandens poreikio sumažinimas 40 %.
- Nuotekų sumažinimas 80 %.
- Apšvietimo neigiamo poveikio kontrolė.
- 100 % atliekų surinkimas ir 80 % mažiau atliekų užkasti į žemę.
- Atliekų perdirbimas.
- Biologinė žemės paviršiaus įvairovė.

Dongtan ECO miesto socialinė ekonominė nauda:

- Padaugės gyventojų.
- Sukurta daugiau darbo vietų.
- Pritrauks daugiau lankytojų.



2.5 pav. EKO miesto vystymo tikslų sistemos ryšio schema

Fig. 2.5. Scheme of ECO city development for communication system

CONCERTO (2008) ECO-City projektas realizuojamas keturiuose gyvenvietėse Skandinavijoje ir Ispanijoje (Helsingør and Helsingborg, Tudela, Trondheim). Pagrindiniai ECO-City tikslai yra:

1. Sustiprinti technologinį ir institucinį pagrindą bendruomenėse taikyti gerai subalansuotas ir ekonomiškai atsinaujinančiųjų energijos šaltinių koncepcijas abiejose – tiekimo ir vartojimo – pusėse.

2. Sukurti demonstracinius sprendimus projekto narių bendruomenėse Ispanijoje, Danijoje / Švedijoje ir Norvegijoje.
3. Sumažinti suvartojamos energijos mastą ir vartoti energiją iš atsinaujinančiųjų šaltinių.

Pagrindinis efektyvaus energijos vartojimo principas – sumažinti energijos poreikį prieš pradedant svarstyti galimus energijos šaltinius. Tokiu būdu šildymo, vėdinimo ir elektros poreikis sumažinamas naudojant aukšto efektyvumo, inovatyvius sprendimus, tai nurodoma kaip pirmas žingsnis. Antra – reikalingos šildymo, vėdinimo ir elektros energijos tiekimo sistemos aprūpinamos efektyviais energijos tiekimo sprendimais, taikant atsinaujinančiuosius energijos šaltinius. Kiekviena CONCERTO bendruomenė imasi specifinių jai būdingų sprendimų.

2.5 pav. pateikta bendra EKO miesto plėtros tikslų ryšio schema. Tolesni miestų savivaldos formuojami įvairūs projektai ir priimami sprendimai turėtų būti susiejami su mažiausiai bent vienu iš įvardytų tikslų ir konkrečiomis skaitinėmis reikšmėmis.

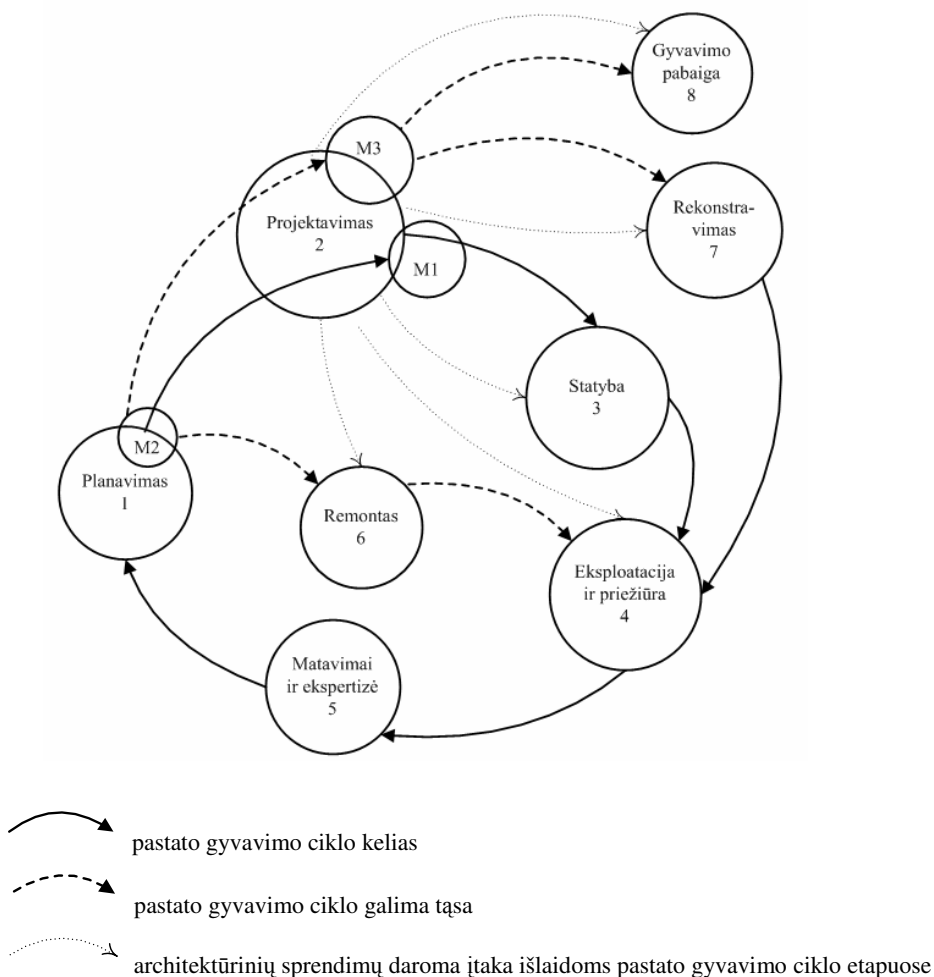
Pateikta medžiaga buvo naudojama „Birštono EKO miesto“ koncepcijai parengti.

2.3. Gyvenamųjų pastatų gyvavimo ciklo analizė

Yra aiškiai išskirti penki pastato gyvenimo ciklo etapai: planavimas ir projektavimas, statyba, eksploatacija ir priežiūra, renovacija ir atnaujinimas bei gyvavimo pabaiga. Kiekvienoje šių etapų yra skirtingos dalyvių grupės, skirtingi procesų dalyviai ir tam tikru mastu – skirtingos problemų grupės.

Kad ir kaip būtų, vieno iš poveikių ar kitų gyvenimo ciklo etapų tobulinimas gali paveikti kitus pastato gyvavimo ciklo etapus. Dėl to siekiama plačiau įtraukti galimus poveikius ankstyvuose etapuose. Šiuo atveju reikia atsižvelgti į aplinkos apsaugos, darnaus vystymo (-si) bei ekonomines problemas visą pastato gyvavimo ciklą: nuo projektavimo iki pastato griovimo.

Pastato gyvavimo ciklo analizė tiesiogiai siejama su pastato poveikiu aplinkai ir sąnaudų mažinimu visą jo gyvavimo laiką. Ekonominiu požiūriu tai tiesioginis skirtumas tarp pagrindinių išlaidų (projekto bei statybos) ir eksploatacijos išlaidų (naudojimo ir išlaikymo).



2.6 pav. Architektūriniai sprendimai pastato gyvavimo ciklo etapuose

Fig. 2.6. Architectural design of the building life cycle

Analizuojant pastato gyvavimo ciklą galima teigti, kad architektūriniai sprendimai tiesiogiai veikia sąnaudas visuose etapuose (2.6 pav.).

Projektavimo etape architektai ir kiti projektuotojai turi numatyti viską, kad name būtų patogų ir jaukų gyventi. Tai ne tik būtinų patalpų pastate, kurių pageidauja užsakovas, bet ir funkcionalus, patogus, reikalaujantis minimalių eksploatavimo išlaidų ir optimaliai tvarus statinys, darniai vienijantis meninius ir estetinius bei racionalius ūkinius žmonių poreikius.

Pasibaigus pastato naudingos eksploatacijos trukmei, rekonstrukcijos projektai gali būti neįmanomi tuo atveju, kai pastatas ar jo dalys nebeatitinka pastato naudotojo poreikių. Atliekant atnaujinimo darbus remiamasi tokia pati logika kaip ir statant naujus pastatus. Svarstant galimybes pagerinti statybinių medžiagų energijos vartojimo efektyvumą, pirmiausia reikia atsižvelgti į eksploatacijos energiją rekonstruotiniuose gyvenamuosiuose ar komerciniuose pastatuose, nes būtent dėl jos išsiskiria daugiausia šiltnamio efektą sukeliančių dujų. Skatinimas priimti atsakomybę už pastatų gyvavimo ciklą, taip pat veiksmingos įgaliojimo tvarkos įvedimas padės užtikrinti efektyvias statybines pastatų charakteristikas gyvavimo ciklo metu.

Investicinės sąnaudos, informacijos apie efektyvaus energijos vartojimo sprendimus visais lygmenimis trūkumas, taip pat galimų sprendimų konkrečiose situacijose trūkumas (įsivaizduojamas ar realus) yra laikomi pagrindinėmis kliūtimis, apsunkinančiomis efektyvaus energijos vartojimo priemonių realizavimą pastatuose. Be to, gali atsirasti ir daugybė organizacinių barjerų, tokių kaip įvairūs sprendimų priėmimo lygiai, privatizacijos bei reglamentavimo panaikinimo procesai, įvairūs suinteresuotų dalyvių sprendimai dėl energijos sistemos ir atitinkamai sąskaitos už energijos suvartojimą priėmimo ir t. t.

Akivaizdu, kad visuotinių sprendimų, siekiant pagerinti energijos vartojimo efektyvumą pastatuose, nėra. Bendros rekomendacijos privalo būti koreguojamos, atsižvelgiant į įvairių šalių klimatą bei ekonomines ir socialines sąlygas. Be to, būtina atsižvelgti į vietos medžiagų, gaminių, paslaugų asortimentą ir technologinį išsivystymą.

Statybų sektorius turi didelį potencialą tokiems teigiamiems pokyčiams, kaip efektyvesnis išteklių naudojimas, poveikio aplinkai sumažinimas, didesnis pelningumas. Darniuosius standartus atitinkantys pastatai taip pat gali būti naudojami kaip švelninančioji galimybė dėl šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimo pagal lanksčius Kioto protokolo mechanizmus ir turėtų būti traktuojami kaip svarbiausi svarstomi po Kioto laikotarpio klausimai. Sėkmingai plėtrai ir politikos priemonių bei technologiniam pasirinkimui paskirstyti reikalingi tokie sprendimų priėmėjai, kurie suvoktų logiką, slypinčią už įvairių veikėjų elgsenos. Norėdami parinkti teisingą veikimo būdą efektyvaus energijos vartojimo pastatams skatinti, sprendimų priėmėjai turi atsižvelgti į esminį reikalavimą – suteikti darniuosius standartus atitinkantiems pastatams etalono statusą. Sprendimai dėl pastatų energijos vartojimo efektyvumo ir statybų tobulinimo turėtų būti platinami naudojant esamas ar naujų technologijų programas, skirtas informacijai perduoti. Siekiant šio tikslo svarbiausia yra paveikti rinkos mechanizmus ir skatinti tyrimus, užstatymo projektus, taip pat viešas bei privačias partnerystes.

2.4. Energinio naudingumo modeliai

Šiuolaikiniuose pastatuose energija vartojama įvairiems tikslams. Kaip ištyrė Jonesas (1998), energija vartojama pastatuose penkiomis stadijomis. Pirmoji stadija atitinka statybinių medžiagų ir komponentų gamybą ir yra vadinama įkūnytąja energija (angl. *Embodied energy*). Antroji ir trečioji stadijos atitinka energiją, suvartojamą medžiagoms gabenti iš gamyklų į statybų vietą, ir energiją, suvartotą faktinių pastato statybų metu. Tokio tipo energijos atitinkamai vadinamos pilkaja energija ir dirbtine energija (angl. *Grey energy*, *Induced energy*). Ketvirta, eksploatacijos metu suvartota energija (eksploatacijos energija) atitinka apgyvendinto pastato naudojimo laiką, paprastai apskaičiuojama 100 metų, nors šis skaičius gali įvairiose šalyse varijuoti. Galiausiai energija vartojama ir griauinant pastatus, taip pat perdirbant jų dalis, jei tai yra propaguojama (griovimo ir perdirbimo energija). Pastatai naudoja daug medžiagų, turinčių didelį kiekį įkūnytąsios energijos. Ji atitinka energiją, suvartojamą visų procesų, susijusių su statybinių medžiagų ir komponentų gamyba, metu. Tai medžiagų ir įrangos kasyba bei gamyba. Kiekvienas pastatas – tai sudėtingas daugelio apdorotų medžiagų derinys, iš kurių kiekviena prisideda prie bendros pastato įkūnytąsios energijos. Įkūnytoji energija yra proporcinga medžiagai reikalingam apdorojimo lygiui. Kuo sudėtingesnė medžiaga ir kuo daugiau reikia apdirbimo, tuo daugiau energijos suvartojama. Dideli įkūnytąsios energijos kiekiai reiškia didesnę užterštumą srovinės linijos gale, nes energijos vartojimas paprastai sukelia emisijas. Pavyzdžiui, betonai, aliuminis ir plienas yra priskiriami medžiagoms, turinčioms didžiausią įkūnytąsios energijos kiekį. Šios medžiagos sukelia dideles CO₂ emisijas. Anot Pasaulio išteklių instituto (angl. *The World Resources Institute*), Jungtinėse Amerikos Valstijose pagaminus 76 mln. metrinių tonų išbaigto betono (Steele 1997), išsiskiria 9,8 mln. t CO₂. Plastikui yra kita intensyvi energijos medžiaga, reikalaujanti maždaug 15 sintezės pakopų. Kiekvienos pakopos metu vartojama energija ir išskiriami teršalai. Galutinis produktas turi tik 0,002 proc. žaliavos, sunaudotos jo gamybai (Smith *et al.* 1998), nors tuo pačiu metu iš žaliavos galėjo būti išgauta daug kitų medžiagų (Curtis *et al.* 2006). Iš viso įkūnytąsios energijos vartojimas sudaro didelę šalyje bendrai suvartojamos energijos dalį. Pavyzdžiui, remiantis skaičiavimais, Jungtinėje Karalystėje 10 proc. bendrai vartojamos energijos įkūnyta medžiagose, t. y. suvartojama jų gamybai (Smith *et al.* 1998). Vis dėlto daugiausia energijos suvartojama ne statant pastatus, bet juos naudojant. Pastato naudojimo laikotarpiu energija vartojama šildyti, vėsinti, apšviesti, gaminti valgį, ventiliuoti ir pan. Metams bėgant, visa tai išauga į daug didesnę energijos kiekį, gerokai viršijantį tą energijos kiekį, kuris vartojamas statybinių medžiagų gamybai ir paties pastato statybai. Remiantis skaičiavimais,

Jungtinėje Karalystėje eksploatuojami pastatai suvartoja maždaug 50 proc. bendros komercinės energijos, prieinamos šalyje ir atitinkamai išskiria maždaug 300 mln. t CO₂ per metus (Edwards 1996; Smith *et al.* 1998). Tai sudaro maždaug 50 proc. bendros nacionalinės išeigos. Jungtinių Amerikos Valstijų energijos institucijos (angl. *The United States Energy Agency*) skaičiavimais, statybų sektorius suvartoja maždaug 35 proc. šalies suvartojamos pirminės energijos, o transportas – 28 proc. bendrai Jungtinėse Amerikos Valstijose suvartotos energijos. Vadinas, transportas yra ne toks intensyvus kaip statybų sektorius. Tyrimai Europoje parodė, kad viso savo gyvavimo laikotarpiu pastatai sukelia maždaug 45 proc. CO₂ emisijų. Be to, pastatai taip pat sunaudoja didelius kiekius vandens ir išskiria nuotekas (žr. Working Group for Sustainable Construction 2001; liet. Darniosios statybos darbo grupė). Kita vertus, žemų pajamų šalyse, ypač kaimo vietovėse, didžioji eksploatacijos energijos dalis vartojama maistui gaminti ir apšviesti, deginant malkas ir kitokio tipo biomasę. Biomasės naudojimas nebūtinai prisideda prie klimato kaitos, nes biokuras yra atsinaujinantis, išskyrus atvejus, kai derlius nuimamas nedarniu būdu. Tačiau biokuro naudojimas dažnai sukelia rimtą vidaus taršą. Pastato energijos vartojimo efektyvumo gerinimas iš esmės nepadidina statybos sąnaudų. Paprastai pastate įdiegus efektyvaus energijos vartojimo sprendimus, statybų sąnaudos padidėja 3–5 proc., tačiau šis skaičius gali kisti priklausomai nuo statybų pobūdžio. Bendro energijos vartojimo mažinimas turi tiesioginį teigiamą poveikį gyvavimo ciklo sąnaudoms. Be to, galima įvardyti ir kitus privalumus:

- patikimumo išaugimas;
- vidaus oro kokybės pagerėjimas;
- gamtos išteklių naudojimo sumažinimas;
- didelis energijos sąnaudų sumažinimas pastato gyvavimo ciklo metu;
- komforto pagerinimas dėl patobulinto energijos vartojimo efektyvumo pastatuose. Tai taip pat gali padidinti produktyvumą paslaugų pastatuose;
- darbo vietų kūrimas dėl padidėjusio aktyvumo pastatų energijos tobulinimo srityje.

Daugelyje skurdžių šalių toks energijos vartojimo efektyvumo gerinimas gali turėti ir kitokios naudos, ypač kaimo vietovėse. Kaip jau buvo pažymėta, daugelyje tokių šalių energija pastatuose yra daugiausia naudojama šildyti bei valgiui gaminti ir yra grindžiama biomase (malkomis, mėšlu, derliaus likučiais), kurią paprastai renka moterys ir vaikai. Sumažintas energijos poreikis paskatintų juos imtis kitos svarbios veiklos, pvz., švietimo. Prasta jų vyriškių kokybė ir nepakankamas efektyvumas skatina kaupti per didelius malkų kiekius, daugiau kirsti miškus, spartina dykumėjimo procesus, taip pat intensyviai didina vidaus taršą. Jungtinių Tautų aplinkos programos (angl. *The United Nations Environment Programme*) duomenimis, dėl tokios skurdžios vidaus aplinkos maždaug 2 mln. žmonių per metus miršta pirma laiko. Daugiausia miršta vaikai.

Atsižvelgiant į tai, nepaprastai svarbu suvokti, kad energijos vartojimo efektyvumo gerinimas žemų pajamų regionų kaimo gyvenvietėse kelia ir tokių kaimo vietovių vargšų gyvenimo kokybę. Vis dėlto, nepaisant visų šių privalumų, mažai energijos reikalingos statybų alternatyvos dar nėra plačiai įgyvendintos.

Pastatų įvairovė ir skirtingas jų naudojimas suformuoja didžiulius nuomonių skirtumus, ryškėjančius siekiant priimti energijos taupymo modelius. Nėra vieno modelio ar teisinio reglamento, kuris būtų visais atvejais veiksmingas. Naudojami energijos šaltiniai, taikomi metodai ir papildoma įranga turi būti derinami pagal individualius poreikius. Be to, reikia atsižvelgti į naujos statybos pastatų, esamų pastatų, mažų šeimininių namų ir didelių komercinių kompleksų vietos sąlygas. Nereikėtų pamiršti ir vietos statybų principų, eksploataavimo rekomendacijų ir jų įgyvendinimo kontrolės. Šios ir su ja susijusios temos nagrinėjamos temos ir kitų mokslininkų darbuose (Burnett 2007; Bagaeen 2006; Tommerup ir Svendsen 2006; Wall 2006; Chen *et al* 2006; Chlela *et al* 2009; Niachou *et al* 2009; Perez-Lombard *et al* 2009; Parker 2009; Sartori ir Hestnes 2009).

Derėtų atkreipti dėmesį į energijos šaltinį pastatui šildyti ir vėsinti. Pastatui apšildyti rekomenduojama pasitelkti tokius atsinaujinančiosios energijos šaltinius, kaip saulės šiluma ar biokuras. Efektyvus energijos vartojimo būdas pastatui apšildyti gali būti šilumos siurbliai, imantys šilumą iš aplinkoje esančio šilumos šaltinio. Reikėtų atsižvelgti ir į energijos kokybę. Tokių prastos kokybės energijos šaltinių, kaip grunto šiluma ar rajoninis šilumos tiekimas, naudojimas atveria galimybę didinti energijos vartojimo efektyvumą pastatuose. Skirtingais laikotarpiais išplėtoti statybų metodai gali atlikti reikšmingą vaidmenį pastatų energijos vartojimo pusiausvyrai išlaikyti. Pavyzdžiui, Suomijoje pastatai, pastatyti praėjusio šimtmečio trečiajame ir ketvirtajame dešimtmėčiuose, laikomi efektyvesniais nei vėliau pastatyti pastatai. Jie suvartoja mažiau energijos (97 proc. iš jų vartoja mažiau nei 60 kWh/m³/a), nors tai gali reikšti, kad tokiuose pastatuose ne visada rimtai atsižvelgiama į komforto reikalavimus. Brazilijoje komerciniai pastatai, pastatyti praėjusio šimtmečio 6-ajame ir 7-ajame dešimtmėčiuose, taip pat traktuojami kaip efektyvesni energijos vartojimo atžvilgiu, palyginti su vėliau pastatytais pastatais, nes jų statybų metu buvo ištyrinėti įvairūs pasyvieji sprendimai (terminė masė ir apsauginiai tentai nuo saulės), kurie padėjo sumažinti aklimatizacijos sistemų poreikį. Dabar, vadovaujantis moderniomis visuotinėmis architektūrinėmis tendencijomis, kurios remiasi stiklo apvalkalu, pastatai Brazilijoje vasarą perkaista ir reikalauja daugiau energijos tinkamam aklimatizacijos sistemų funkcionavimui. Dėl savo ilgo gyvavimo ciklo tokie eksploatuojami pastatai 3-iajame šio šimtmečio dešimtmetyje sudarys daugumą. Kadangi šiais laikais pasirenkamos technologijos turi ilgalaikį poveikį, reikėtų nedelsiant atkreipti dėmesį ne tik į

darnesnių sprendimų taikymą, bet ir į pastatų atnaujinimo darbų skatinimą, kai to reikia. Vis dėlto, atnaujinimo darbai, kuriais norima pagerinti energijos vartojimo efektyvumą pastatuose, patys savaime negarantuoja energijos vartojimo sumažėjimo laikui bėgant. Jei pastato naudotojai norėtų pagerinti vidaus komfortą, bendras suvartojamos pastato energijos kiekis vis tiek išaugtų.

Didžiąją dalį bendros, pastatuose naudojamos energijos sudaro eksploatavimo energija. Todėl labai svarbu turėti efektyvaus energijos vartojimo sistemą, t. y. sistemą, kuri sudarytų geras vidaus sąlygas, nevartodama per daug energijos. Ištyręs čia minimus pasyviuosius sprendimus, statybininkas turėtų peržvelgti ir pasinaudoti aktyvesniais sprendimais, kurie padidintų pastato energinį naudingumą. Tokie aktyvesni sprendimai galėtų apimti energiją taupančius įrenginius, apšvietimo valdymą ir termostatus, valdomas užuolaidas, ventiliatorius, efektyvias šildymo ir vėsinimo sistemas, vandens šildymo saulės energija sistemas, taip pat šilumos naudojimo sistemas, vėjo turbinas ir fotoelementus. Pabrėžtina, kad energijos sistemos projektuojamos naudoti 30–40 metų, todėl neatsargiai pasirinkus galimybę naudotis kitu energijos šaltiniu tam laikotarpiui gali būti prarasta. Energijos paskirstymo po pastatą sistema taip pat veikia visos energijos sistemos energijos vartojimo efektyvumą. Žemos temperatūros šildymo sistemos yra didelių plotų paskirstymo sistemos (pvz., grindims, luboms ar sienoms šildyti), leidžiančios pasinaudoti žemomis temperatūromis naudojant šilumą pernešančias priemones (paprastai cirkuliuojantį vandenį). Tai reiškia geresnę energijų sistemų energijos vartojimo efektyvumą ir geresnes galimybes pasinaudoti atsinaujinančiosios energijos šaltiniais. Žemų temperatūrų šildymo sistemos turi ir kitų privalumų – radiatorių nebuvimas palengvina baldų išdėstymą, pagerėja vidaus oro kokybė. Grindų šildymas yra ypač patogus, nes vidaus oro temperatūra gali būti žemesnė, o tai papildomai sutaupo apytikriai 5 proc. energijos vienam laipsniui. Daugiau informacijos apie šias sistemas yra leidinyje „LowExGuidebook“ (2005). Vadinamuosiuose pasyviuose namuose iš viso nėra įprastinių šildymo sistemų. Pastatas suprojektuojamas taip, kad jo šilumos poreikis yra labai žemas ir jį įmanoma patenkinti ventiliacijos oru. Šildymo energijos sistemos nebuvimas turi daug privalumų: pastato projektas nėra toks sudėtingas, reikalaujantis mažiau planavimo (nereikia skirti papildomos erdvės katilui ir radiatoriams), o pastato inžinerinių sistemų nereikia tiek prižiūrėti. Be to, visa tai padeda mažinti investicines sąnaudas. Egzistuoja daug technologijų, kaip vėsinti pastatus efektyviai vartojant energiją. Dėl pasiskirstymo sistemų didelėse erdvėse šios technologijos gali vartoti mažai energijos vartojančius šaltinius. Tokiu būdu, išgaunamos temperatūros artimos norimai kambario temperatūrai. Daugiau informacijos apie šias sistemas rasite leidinyje „LowExGuidebook“ (LowExGuidebook 2005). Be to, efektyvus pasyvių vėsinimo strategijų (pvz., vėsinimas naktį, saulės kaminai) naudojimas sustiprins vėsinimo sistemos

energijos vartojimo efektyvumą. Kita esminė namo projektavimo dalis – efektyvus energijos naudojimas apšvietimui. Tai priklauso nuo kelių dalykų:

- Natūralios šviesos kiekio viduje.
- Tokių elektros komponentų, kaip lemputės, balasto ir šviestuvo efektyvumo.
- Apšvietimo valdymo, o ypač nuo to, kaip naudojamos priemonės dienos šviesa.
- Priežiūros režimo.

Planuojant efektyvų energijos vartojimą apšvietimui, būtina įvertinti natūralią dienos šviesą ir apšvietimą elektra – kiekvieną atskirai ir kartu. Natūralios dienos šviesos naudojimas gali sutaupyti daug energijos, tačiau reikia atsižvelgti į kitus didelių, ištiklintų plotų aplinkos aspektus, o ypač terminį komfortą saulėtu oru, kaip jau buvo minėta. Yra keli svarbūs aspektai, kuriuos derėtų atsiminti gerinant efektyvų energijos vartojimą apšvietimui:

- Naudoti šviesą ten ir tada, kai tai būtina, bet neapšviesti per daug.
- Naudoti efektyvias instaliacijas, šviestuvus ir balastus; efektyviai kontroliuoti apšvietimą ir palaikyti instaliacijų bei šviestuvų švarą.

Kadangi daugelyje besivystančių šalių maistui gaminti suvartojama daugiausia energijos, verta aptarti ir šį aspektą. Kaip jau buvo minėta, biomasė yra pagrindinis maisto gaminimo energijos šaltinis besivystančių šalių kaimo vietovėse. Nors biomasė traktuojama kaip atsinaujinančiosios energijos šaltinis, ji skatina ne tik šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas, bet ir daugybę kitų problemų.

Galimi įvairūs loginiai sprendimai siekiant pastatų energinio naudingumo – nuo žemesniųjų iki aukštesniųjų technologijų taikymo. Šiame skyriuje pristatomi modeliai, kuriuos galima taikyti didinant pastatų energinį naudingumą, tarp jų mažai energijos vartojantys ir nulinio energijos vartojimo pastatai, pasyviųjų namų projektai, papildomos energijos pastatai (angl. *Energy-plus Buildings*), ekologiniai miestai (angl. *EcoCities*), atnaujinimo aspektai ir eksploatacijos procesai.

2.4.1. Mažai energijos vartojantys pastatai

Gana daug tyrimų skirta plėtoti mažai energijos vartojančių pastatų praktinius sprendimus Šiaurės Amerikoje ir Europoje. Teorijos tikrinamos naudojant pastatų modelis, o rezultatai dažniausiai formuojami juos grindžiant bandymų ir klaidų metodu. Šiandien mažai energijos vartojančius pastatus galima padalyti į du konkrečius tipus: 50 % mažiau vartojantis energijos ir 0 % (nulinio energijos vartojimo arba pasyvusis namas; žr. toliau). Procentai žymi, kiek tokie pastatai suvartoja energijos lyginant su įprastu pastatu, pastatytu laikantis galiojančių statybos reikalavimų.

Pastatas, kurio statyba pagrįsta pasyviojo namo technologija, vartoja tik apie pusę standartiškai pastatui šildyti suvartojamos energijos. Paprastai tai tradicinis pastatas, pastatytas taikant standartinius sprendimus. Mažai energijos vartojama dėl geresnės šiluminės izoliacijos, itin efektyvių langų, hermetiškų struktūrinių detalių ir ventiliacinės sistemos šilumos naudojimo schemų. Vykdamas Tarptautinės energetikos agentūros Šildymo ir vėsinimo su Saulės energija programą, buvo statomi ir vertinamieji mažai energijos vartojantys namai. Jie pastatyti šiose šalyse: JAV (Arizonoje ir Grand Kanjone (Kalifornija)), Belgijoje, Kanadoje (Bramptone ir Waterloo), Danijoje, Suomijoje, Vokietijoje (Berlyne ir Rottweile), Italijoje, Japonijoje, Nyderlanduose, Norvegijoje, Švedijoje ir Šveicarijoje. Deja, nė vieno tokio pastato nėra Afrikoje arba Pietų Amerikoje.

Atlikus projektų analizę nustatyta:

- Įmanoma suprojektuoti mažai energijos vartojančius pastatus, kuriuose aukštas šiluminis komfortas, gera patalpų oro kokybė ir kurių poveikis aplinkai mažas. Vertintų pastatų vidutinis bendras projektinis energijos suvartojimas rodo, kad jis sumažėjo 60 %, lyginant su įprastu suvartojimu gyvenamuosiuose pastatuose.
- Bendrasis energijos suvartojimas įvairiose šalyse nelabai skiriasi. Iš dalies dėl to, kad vandens šildymui, apšvietimui ir prietaisams suvartojamas energijos kiekis nuo klimato santykinai nepriklauso, o statybų kodeksai pritaikomi kiekvienos šalies dominuojančiam klimatui. Paprastai mažiau izoliacijos reikia švelnaus klimato šalyse ir daug šalto klimato šalyse. Todėl 1 m² tenkantis suvartotos energijos kiekis nesiskiria tiek, kiek galima būtų tikėtis atsižvelgiant į klimato skirtumus.
- Norint tinkamai įvertinti, būtina atsižvelgti į bendrą energijos suvartojimą, o ne akcentuoti vien tik patalpas ir (arba) vandens šildymą. Be to, būtina atsižvelgti ir į šildymą, ir į vėsinimą, nes kelios šalys pastebėjo, kad vertinant tik vieną sezoną gali kilti problemų kito sezono metu. Be to, dažnai buvo daug sunkiau sumažinti vėsinimui, o ne šildymui vartojamos energijos kiekį.
- Pastatai funkcionuoja kaip sistema, kurioje skirtingos technologijos yra neatsiejamos visumos dalys. Pasirodo, gana svarbu, kokia eilės tvarka metodai įtraukiami į projektą. Paprastai daugiausiai sutaupoma, kai skirtingos efektyvaus energijos vartojimo priemonės svarstomos tokia tvarka: pirmiausia energijos taupymo, po to pasyvūs saulės energijos, o paskiausia aktyvūs saulės energijos metodai. Daugeliu atvejų taikomi visi šie metodai, dažnai jungtinėse sistemose. Todėl protingiau plėtoti bendrą pastato idėją, o ne specifinius metodus.
- Gauta pasyvioji saulės energija gali labai prisidėti prie patalpų šildymo visose klimato juostose ir naudojant tinkamą apsaugą nuo tokios

energijos ji nesukelia perkaitimo. Mažai energijos vartojančiuose pastatuose įprasta naudoti ventiliacijos sistemos išmetamo oro šilumą.

- Norint naujų, novatoriškų pastatų projektų idėjų, reikia projektavimo komandos iš įvairių specialistų. Energinis aspektas būtina apsvarstyti ankstyvajame projektavimo etape, o architektai bei inžinieriai turi bendradarbiauti nuo pat pradžių. Šia prasme svarbios *integrato projektavimo proceso* ir *integrutų projektavimo sprendimų* sąvokos, jos šiuo metu sparčiai plėtojamos (Harvey 2006). Šis klausimas neseniai tapo prioritetiniu Tarptautinėje statinių ir statybos tyrimų bei inovacijų taryboje (CIB; www.cibworld.nl).

Statybininkų mokymas ir priežiūra darbo vietoje yra ypač svarbi mažai energijos vartojančiuose pastatuose. Šiuose pastatuose statybų praktika ir vartotojų elgsena daro didesnę įtaką energijos vartojimui nei įprastuose pastatuose. Pavyzdžiui, hermetiškumas ir šiluminių tiltelių vengimas yra daug svarbesnis gerai izoliuotame pastate nei tradiciniame pastate, o vamzdinių sistemų sandarumas lemia daugiau, nes tokiuose pastatuose yra daugiau įrangos (IEA 1997)

2.4.3. Pasyvieji namai

Pasyvusis namas – tai pastatas, kuriame komfortišką vidaus klimatą galima palaikyti be aktyvių šildymo ir vėsinimo sistemų. Namas pats save šildo ir vėsina, todėl jis yra pasyvusis. Tokie pastatai kai kuriose pasaulio dalyse dar vadinami nulinio energijos vartojimo pastatais. Europos pasyviųjų pastatų statyboje tokiam gebėjimui reikiama prielaida – metiniai šildymo poreikiai mažesni kaip 15 kWh/m^2 , ir to nėra siekiama padidinant energijos vartojimą kitiems tikslams, pavyzdžiui, elektrai. Šiaurinėse Europos dalyse (virš 60° lygiagretės) metinė šildymo poreikių riba siekia apie 30 kWh/m^2 . Be to, bendrasis pirminės energijos vartojimas pasyviojo namo gyvenamosiose patalpose Europoje negali viršyti 120 kWh/m^2 šilumai, karštam vandeniui ir namų ūkio elektros reikmėms. Tai laikant atskaitos tašku, galima aprėpti visus papildomus energinius reikalavimus, naudojant atnaujinamus energijos šaltinius. Tai reiškia, kad pasyviajame name bendrai suvartojama mažiau energijos nei vidutiniškai reikia naujam namui Europoje vien namų ūkio elektros reikmėms ir karštam vandeniui. Taigi pasyvusis namas suvartoja mažiau kaip ketvirtį bendrosios galutinai suvartojamos energijos, lyginant su vidutiniu naujos statybos namu, atitinkančiu galiojančias nacionalines energijos taisykles. Pasyvusis namas yra taupus, kai bendrosios kapitalizuotosios sąnaudos (statyba, įskaitant projektavimą ir įdiegtą įrangą, plius eksploatacinės sąnaudos 30-čiai metų) neviršija sąnaudų, tenkančių vidutiniam naujam namui (Passive House Institute, 2006).

2.5. Investicijų efektyvumo nustatymo metodų analizė

Nekilnojamajam turtui, vertinant investicijų požiūriu, būdinga tam tikra specifika, išskirianti nekilnojamąjį turtą iš kitų investavimo objektų. Investavimas į nekilnojamąjį turtą nagrinėjamas nekilnojamojo turto projektų kontekste ir vertinamas projektiniu požiūriu, t. y. efektyvumui vertinti taikomos investicinių projektų vertinimo metodikos, atsižvelgiant į nekilnojamojo turto projektų specifika ir ypatumus (Ginevičius *et al.* 2009).

Bendroms investicinėms išlaidoms priskiriamos išlaidos, susijusios su žemės įsigijimu ir vietos paruošimu, statybos darbais, technologija ir įranga, ikigamybinėmis kapitalo išlaidomis, apyvartiniu kapitalu. Norint apskaičiuoti reikalingą apyvartinio kapitalo dydį, reikia žinoti bendrųjų gamybos sąnaudų apimtį (gamybos, finansinės ir rinkotytros ir rinkodaros sąnaudos, amortizaciniai atskaitymai ir t. t.).

Kai žinomos bendros investicinės išlaidos, galima pereiti prie projekto finansavimo klausimų: finansavimo šaltinių nagrinėjimo, finansinių išlaidų ir paskolų tvarkymo išlaidų įtakos investiciniams siūlymams, valstybinės finansų reguliavimo politikos, finansų institucijų analizės, reikalingų finansinių ataskaitų parengimo.

Išanalizavus ekonominėje literatūroje pateikiamus investicijų efektyvumo vertinimo metodus, galima daryti tokias išvadas (Rutkauskas, Tamošiūnienė 2002):

- Nėra bendros lėšų, įdėtų į verslo projektus, efektyvumo vertinimo sistemos.
- Tų pačių rodiklių visumai apibrėžti taikomos skirtingos sąvokos.
- Nevienodai traktuojama bendra verslo (investicinių) projektų įgyvendinimo metodika.

Petravičius (2008) pateikia VBM metodų klasifikaciją, remdamasis pinigų srautais, turto balansine ir rinkos verte, rodiklių ir metodų taikymo ypatumais atliekant vertinimą priklausomai nuo konkrečių investuotojų tikslų. Savo darbe straipsnio autorius apžvelgia esminius projekto veiklos efektyvumo metodų taikymo būdus valdant įmonės vertę. Vertės valdymo metodų (VBM) taikymas integruoja valdymo strategiją ir finansinės kontrolės mechanizmus skatinant padidinti akcininkų vertę bei sumažinti interesų konfliktus tarp jų (Ryan, Trahan 2007)

Tačiau:

- Investuotojai ir akcininkai vertės augimą matuoja akcijų kainos per laikotarpį augimu ir išmokėtų dividendų dydžiu, todėl dėmesį skiria bendros akcininkų nuosavo kapitalo grąžos, rinkos pridėtinės vertės metodams.

- Įmonės vadovų nuomone, valdomas kapitalas nėra nemokamas, todėl tikėtina būsima kapitalo grąža ilgesniu laikotarpiu turi būti didesnė negu pritraukto kapitalo kaina. Jie daug dėmesio skiria ekonominės pridėtinės vertės, bendros verslo grąžos, ekonominio pelno ir pinigų srautų grąžos investicijoms metodams.
- Bandymas lyginti rodiklius ir metodus, kurie skirti skirtingiems tikslams, gali supainioti vertintojus. Copeland teigimu, ekonominio pelno metodai nėra alternatyvūs diskontuotų grynujų pinigų srautų DCF metodams, kurie taikomi priimant strateginius sprendimus dėl investicijų, o ekonominiu pelnu grindžiami metodai yra finansiniai rodikliai, vertinantys įmonės veiklos efektyvumą (Copeland *et al.* 2000).

Objektyvius atsakymus apie alternatyvių investicinių projektų efektyvumą galima gauti juos vertinant daugiakriteriniais būdais. Jie leidžia išsamiai ir kompleksiskai įvertinti investicinius projektus, pateikiant vieną apibendrinamąjį rodiklį, kuris gana objektyviai rodo alternatyvaus projekto efektyvumą (Tamošiūnienė *et al.* 2006)

Atlikdami daugiakriterinį įvairių projektų vertinimą ar daugiakriterinę analizę, mokslininkai naudoja daugiatisksius sprendimo priėmimo metodus. Todėl šioje disertacijoje vartojamos abi sąvokos daugiakriterinis ir daugiatisksis. Šios sąvokos, apibūdinančios daugiatisksių vienetinių sprendimų priėmimo grupės metodus, yra sinonimai.

Daugiakriterinis sprendimas (angl. *Multi-Criteria Decision Making*) (MCDM) – viena iš sprendimų priėmimo šakų. MCDM naudojamas norint rasti racionalų sprendinį (alternatyvą), kuris geriausiai tenkintų suinteresuotus asmenis. Asmenys gali patys priimti sprendimus arba pasitelkti ekspertus. Kaip teigia daugelis autorių (Zimmermann 1996; Triantaphyllou 2000), MCDM skirstomas į daugiatisksių sprendimą (angl. *Multi-Objective Decision Making*) (MODM) ir daugelio rodiklių sprendimą (angl. *Multi-Attribute Decision Making*) (MADM). Tačiau dažniausiai MADM ir MCDM terminai vartojami tai pačiai modelių klasei įvertinti, t. y. MCDM.

MODM nagrinėja problemą, kurios sprendimų erdvė yra tolydi (angl. *Continuous*), t. y. MODM sprendžiama problema apibūdinama daugeliu funkcijų, kurias reikia optimizuoti vienu metu (Andresen 2000).

MADM nagrinėja problemas, kurių sprendimų erdvė yra diskreti (angl. *Discrete*), t. y. ją sudaro aibė galimų alternatyvų. Alternatyvos – tai galimi skirtingi ir tikslingi sprendimai, apibūdinami tam tikrais rodikliais. Rodikliai atspindi tam tikrus alternatyvų nagrinėjimo aspektus ir kiekvienas iš jų apibūdina vieną alternatyvos savybę. Tarpusavyje lyginant alternatyvas, tikslinga įvertinti kuo daugiau rodiklių (Zavadskas, Vaigauskas 1985). Nuo vertinamų rodiklių skaičiaus priklauso alternatyvų pasirinkimas.

Tais atvejais, kai išskiriama daug rodiklių, tarkime, daugiau kaip 10, jie gali būti suskirstyti į hierarchijas, išskiriant bendresnius ir smulkesnius rodiklius. Bendresni rodikliai glaudžiai susiję su smulkesniais.

Šiuo metu galima rasti nemažai daugiakriterinių sprendimo priėmimo metodų. Kiekvienas iš jų apibūdinamas savaip ir todėl galima juos klasifikuoti.

Vienas iš kriterijų, pagal kurį klasifikuojami MCDM metodai – tai tipas duomenų, kurie naudojami metode sprendimui priimti. Pagal duomenų tipus MCDM klasifikuojami į deterministinius, stochastinius ir neapibrėžtuosius (angl. *Fuzzy*) (Chen ir C. L. Hwang (1992)).

Kitas būdas klasifikuoti MCDM yra pagal tai, kiek žmonių sprendėjų (angl. *Decision Maker*) įtraukta į sprendimo procesą. Taigi yra *vieno asmens* sprendimas ir *grupės* sprendimas.

Pagal S. J. Chen ir C. L. Hwang (1992), deterministiniai vieno asmens MCDM metodai dar skirstomi į kategorijas pagal informacijos tipą ir jos prieinamumą.

Tais atvejais, kai išskiriama daug rodiklių, tarkim, daugiau kaip 10, jie gali būti suskirstyti į hierarchijas, išskiriant bendresnius ir smulkesnius rodiklius. Bendresni rodikliai glaudžiai susiję su smulkesniais (Kalibatas 2009).

Kadangi skirtingi rodikliai atspindi skirtingus požirius į alternatyvas, jie gali būti prieštaraujantys vieni kitiems. Pvz., kainos rodiklis gali prieštarauti naudos rodikliui ir pan. Taip pat svarbu pažymėti, kad rodikliai gali būti matuojami skirtingais mato vienetais – kaina matuojama valiuta, o temperatūra – laipsniais pagal Celsijų (°C). Todėl rodiklius reikia normalizuoti. Pasak kai kurių autorių (Kaklauskas *et al.* 2004; Zavadskas 1987, 1991), norint palyginti alternatyvas, būtina mums įtaka darančius veiksnius išreikšti tarpusavyje lyginamais dydžiais. Kitaip tariant, būtina vertinimo rodiklius paversti bedimensiniais dydžiais, kad galima būtų tarpusavyje vertinti.

Daugiatikslių verbaliniu (žodiniu) metodu yra nagrinėjamos statybos rangos sutartys (Ustinovičius *et al.* 2005, 2007c), parenkamas tinkamiausias skrydžio variantas (Ashihmin and Furems 2004), išrenkamas racionalus projekto variantas (Ustinovičius *et al.* 2007a), vertinamas sutarčių tarpusavio rizikos dydis (Ševčenko *et al.* 2008; Ustinovičius *et al.* 2006, 2007b). Siekdami sumažinti nesuderinamų alternatyvų atvejus, gauti galutinį ir patenkinamą rezultatą, I. Samanini ir P. R. Pinheiro (2008) siūlo naują verbalinį būdą, kuris palengvins sprendimo priėmimą. Daugiatikslio verbalinio būdo pagrindas yra ZAPROS III metodas. Autoriai taip pat pristato priemones, kurios padeda pritaikyti jų siūlomą būdą.

2.6. Antrojo skyriaus išvados

1. Investiciniame procese būtina suderinti investuotojo, statytojo ir naudotojo tikslus, tačiau kartu būtina aiškiai išskirti skirtingų dalyvių funkcijas ir atsakomybes. Tam tikslinga atnaujinti galiojančius reglamentus.
2. Identifikuota mažiausios kainos taikymo statybos investiciniame procese, perkant projektavimo ir statybos rangos paslaugas, problema. Rekomenduojama parengti bendrąsias tipines pirkimo sąlygas, taikyti energinio efektyvumo, ekonominio naudingumo principą.
3. Išanalizavus pastato gyvavimo ciklą, nustatyta, kad architektūriniai sprendimai tiesiogiai veikia investicinių projektų sąnaudas visuose statybos etapuose. Tinkamas šių sprendimų įvertinimas funkcine, ekonomine, poreikių patenkinimo, efektyvumo bei kitais aspektais dar pradiname projektavimo etape suteikia galimybę suformuoti virtualų sprendimą ir sutaupyti daug lėšų.
4. Užsienio praktikoje per 10–15 metų suformuoti įvairūs energiją efektyviai vartojančių ir netgi iš atsinaujinančiųjų energijos šaltinių energiją gaminančių sumanių namų modeliai ir atlikti vertinimai rodo, kad investicijos į šiuos pastatus atsiperka. Lietuvoje tik apie 2009–2010 metus pradėta aktyviai kalbėti ir 2009 metais pastatytas bei sertifikuotas pirmasis vienbutis pasyvaus namo standartus atitinkantis pastatas.
5. Galima konstatuoti, kad Lietuvoje reglamentuojami reikalavimai ir naudojami gyvenamųjų namų projektavimo bei statybos modeliai yra pasenę morališkai ir ekonomiškai, o dažnai ir technologiškai, tad jau šiandieną neatitinka rinkos poreikių. Būtina susieti naują požiūrį ir reglamentavimą su minimalių bei aukštesnių reikalavimų nustatymu, taip pat su ekonominio naudingumo principais bei skatinti investicijas į energijos efektyvumo didinimą bei atsinaujinančiųjų energijos šaltinių naudojimą.
6. Identifikuota, kad priimant sprendimus dėl pastatų projektavimo, statymo ir eksploatacijos, ekonominiai veiksniai (sąnaudos ir investicijų grąža) dažnai svarstomi pirmiausia, o gyvenimo kokybės ir ekologijos klausimai užmirštami.
7. Svarbu užtikrinti, kad ekonominius signalus gautų reikiami veikėjai. Ekonominės priemonės, skatinančios mažinti energijos vartojimą, gali būti labai reikšmingi namo gyventojams, nes sąskaita už energiją yra

reikšminga eksploatacinių išlaidų dalis. Tačiau investuotojui, padengiančiam pastato statybos sąnaudas, energijos sąnaudos gali būti tik labai maža bendrų sąnaudų dalis arba net apskritai neegzistuoti. Taigi investuotojui turbūt svarbiau, kad name būtų įrengta pigiausia energijos sistema (o ne efektyviausiai energiją vartojanti).

8. Taikant ekonomines priemones būtina rinkti duomenis bei kurti metodus, galinčius paremti finansuotojus, kad šie aktyviau siektų nustatyti ir kiekybiškai įvertinti, kokią ekonominę naudą gali teikti investicijos į efektyviau energiją vartojančius pastatus. Tai tiesiogiai susiję su pirmąja rekomendacija dėl lyginimo (pateiktą anksčiau).
9. Išvados rodo, kad yra ir poreikis, ir galimybės padidinti energijos vartojimo efektyvumą bei sumažinti šiltnamio efektą skatinančių dujų emisijas pastatų sektoriuje.

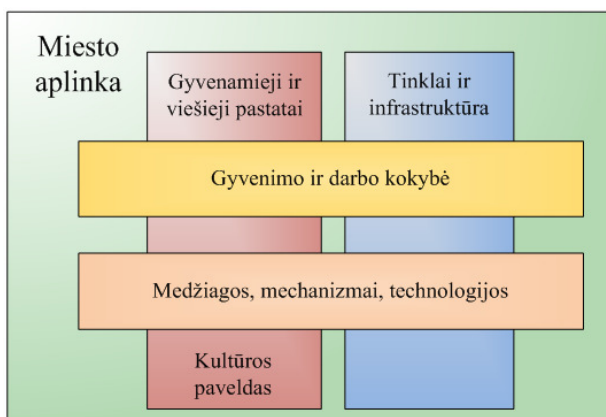
Racionalaus vienbučio gyvenamojo namo investicinio projekto parinkimo modelis

Šiame skyriuje sudaromas sprendimų priėmimo modelis, skirtas daugiapakopiams daugiatisliams racionalaus investavimo į vienbučių gyvenamųjų namų statybą uždaviniams darnaus vystymo (-si) kontekste spręsti. Siūlomas modelis reikalingas siekiant efektyviau bei kompleksiškai spręsti investavimo, statybos ir eksploataavimo procesų dalyvių interesų derinimo klausimus.

Skyriaus tema autorė paskelbusi 12 straipsnių (Šarka *et al.* 2008; Šarka *et al.* 2005; Šarkienė *et al.* 2005; Ustinovičius, Šarkienė 2006; Ustinovičius *et al.* 2003; Šarka *et al.* 2004; Šarka *et al.* 2006; Šarkienė *et al.* 2006; Šarkienė 2003; Šarkienė 2002; Šarkienė 2004a,b).

Racionaliam uždavinio formulavimui būtina suformuoti tikslus. Uždavinio tikslus modelyje siūloma sugrupuoti pagal pagrindinius darnaus vystymo (-si) aspektus (ekologinis, ekonominis ir socialinis-kultūrinis) ir sudaryti kaip pagalbinę priemonę investiciniam projektui pagal darnios plėtros principus įgyvendinti (3.1 pav.). Tikslai turi būti konkretūs, realūs, racionalūs ir išmatuojami laike. Tikslų formulavimas taip pat padeda lengviau suprasti

projekto įgyvendinimo priemonės. Konkretūs šių tikslų matavimo vienetai skirti sekti veiklos įgyvendinimą, gauti grįžtamąjį ryšį tolesniam planavimui. Atsižvelgiant į suformuluotus tikslus, modelyje formuojami miesto aplinkos, pastatų ir inžinerinės bei socialinės infrastruktūros technologiniai sprendiniai.

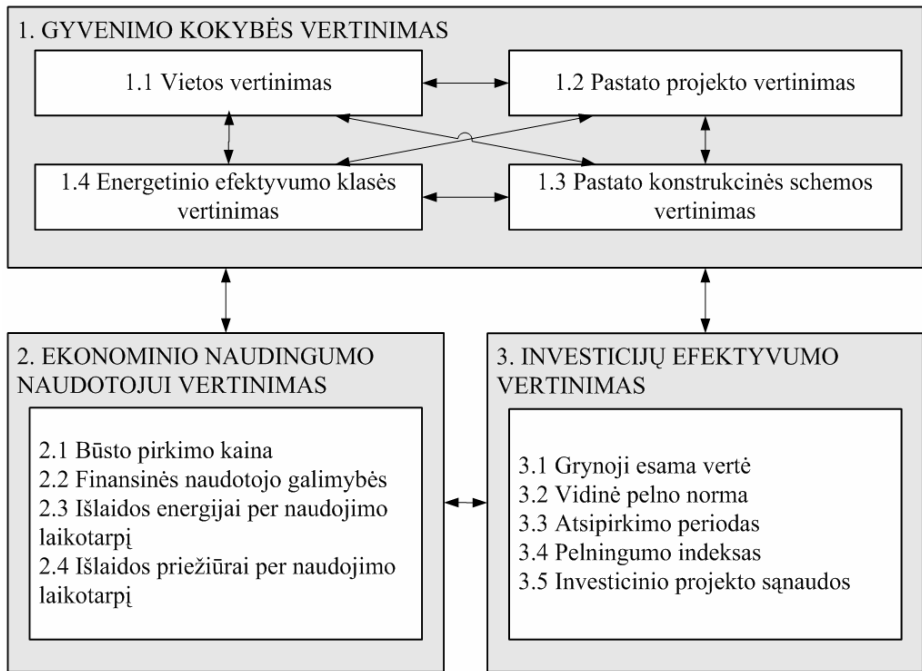


3.1 pav. Uždavinio objektų ir tikslų grupių ryšio schema

Fig. 3.1. Scheme of task groups of objects and goals of relations

Sprendžiant daugiatikslius daugiapakopius uždavinius dažnai naudojama panaši rodiklių sistema, kur viename lygyje atsiduria kaina, vieta, infrastruktūra, funkcionalumas, sklypo, pastato ar patalpų plotas ir t. t. Pagal reikšmingumą dažniausiai vienas svarbiausių rodiklių būna kaina. Ji stipriai veikia galimą pasirinkimą ir paverčia gyvenimo kokybės, ekologijos, efektyvaus energijos vartojimo, ekonominio naudingumo bei kitus klausimus, kurie turėtų būti susieti su būsto kūrimo pagrindiniais tikslais, antraplaniais. Jei vertinant vietą, pastato architektūrinę išraišką, pastato konstrukcinę schemą ir technines specifikacijas, bus eliminuotas kainos rodiklis – rezultatas taps objektyvesnis. Nereikėtų pamiršti, kad visuose investavimo ir pastato gyvavimo procesuose yra labai daug tarpusavyje bei ir galutinį rezultatą veikiančių techninių dalykų, kuriuos pradiname investicinio projekto etape sudėtinga numatyti. Neįmanoma pasirinkti pamatų konstrukcijos nepasirinkus sklypo, pastato vietos jame, neatlikus inžinerinių ir geologinių tyrinėjimų, nežinant gruntų fizinių ir mechaninių savybių. Nuo to priklauso viso pastato konstrukcinė sąranga ir kaina. Atliekant ekonominį vertinimą kaina užima labai svarbią vietą – nuo jos priklauso investicijų dydis.

Sprendimų priėmimo uždaviniui spręsti siūlomas modelis skirstomas į etapus ir pakopas, kurie pateikti 3.2 pav.



3.2 pav. Racionalaus investavimo varianto sprendimų modelis

Fig. 3.2. Model of variant of rational investment decisions

Uždavinys sprendžiamas trimis etapais:

- pirmajame etape vertinama gyvenimo kokybė;
- antrajame – ekonominis naudingumas naudotojui;
- trečiajame vertinamas investicijų efektyvumas.

Kad sprendimai, priimti šiuose etapuose, būtų suderinti, siūloma įvertinti rizikos zonas matematinio modeliavimo metodu.

Svarbu paminėti, kad nagrinėjamas modelis taikytinas parenkant efektyvų investavimo variantą tenkinant naudotojo poreikius, todėl sklypo, projekto, statybos ir pardavimo kaina vertinama trečiajame etape, sudarius naudotojo poreikius atitinkančių variantų sąrašą ir įvertinus ekonominį naudingumą naudotojui (antrasis etapas). Pirmąjį uždavinio etapą sudaro keturios pakopos, antrąjį – viena, o trečiąjį – trys.

Kaip jau minėta, modelyje turėtų būti nagrinėjami vietos, konstrukcijų, finansavimo parinkimo, statybos ir pastato energinio bei ekonominio efektyvumo klausimai. Tam reikalingai kriterijai, rodiklių sistema, kuriais remiantis būtų galima išrinkti racionalų investavimo variantą, atitinkantį visų proceso dalyvių poreikius.

3.1. Gyvenimo kokybės vertinimas

Gyvenimo kokybės vertinimo etape numatoma, kokioje aplinkoje, kokio funkcionalumo, dydžio, tipo pastate norėtų gyventi šeima. Tai naudotojui labai svarbus statinio rodiklis.

Gyvenimo kokybės vertinimo etapas skirstomas į keturias pakopas:

1. Vietos vertinimo.
2. Pastato projekto vertinimo.
3. Pastato konstrukcinės schemos vertinimo.
4. Energinio efektyvumo.

3.1.1. Vietos vertinimas

Gyvenimo kokybė glaudžiai susijusi su gyvenamosios vietos rodikliais.

Detali žemės sklypų naudojimo efektyvumą apibūdinančių kriterijų analizė yra sudėtingas procesas. Daugeliu atvejų įvairių veiksnių įtaka žemės sklypo efektyvumui gali labai skirtis, atsižvelgiant į tikslinę žemės naudojimo perspektyvą ir paskirtį. Renkant vietą namo statybai labai svarbu įvertinti aplinką darnios plėtros požiūriu ir orientuotis į pagrindinius naudotojo poreikius – gyvenimo kokybę.

Šiuo tikslu formuojama gyvenamosios vietos vertinimo rodiklių sistema (3.1 lentelė).

3.1 lentelė. Vietos parinkimo daugiatakslio vertinimo rodikliai

Table 3.1. Local multi selection indicators

Rodikliai	Matavimo vnt.	Min ar max
Inžinerinės komunikacijos (V_1)	balai	+
Aplinka (V_2)	balai	+
Sklypo forma (V_3)	balai	–(+)
Sklypo plotas (V_4)	m^2	+
Sklypo reljefas (V_5)	balai	+(–)
Viešosios poilsio vietos (V_6)	balai	+(–)
Infrastruktūra (V_7)	balai	+
Susisiekimas (V_8)	balai	+

Siekiant išspręsti informacijos neapibrėžtumo klausimus, dalies rodiklių efektyviam reikšmių nustatymui sudaroma integruotų rodiklių su iš anksto įvertintomis reikšmėmis struktūra. Toliau pateikiama atskirų rodiklių trumpi aprašymai bei nustatomos integruotų rodiklių reikšmės.

Inžinerinės komunikacijos (V_1). Nagrinėjant rodiklį veikiančius procesus nustatytos tam tikras priklausomybės suvestos į integruotą sprendimą. Tai tiesiogiai priklauso nuo kiekvieno žmogaus poreikių ir galimybių, tačiau turi ir bendras priklausomybes. Vertinant būtina atsižvelgti į darnios plėtros principus, efektyvų energijos naudojimą, pirmenybę bus teikiama ekologiškiems, aplinką tausojantiems energijos šaltiniams gerinant gyvenimo kokybės lygį.

Reikėtų išskirti pagrindines inžinerines komunikacijas: elektros tinklai, vandentiekis, nuotakynas, dujos, miesto šilumos, ryšio tinklai. Išanalizavus galimus kompleksinius variantus, nustatyti dažniausiai pasitaikantys inžinerinių komunikacijų variantai ir suformuojami integruojami į sprendimo modelį siūlomi toliau nagrinėti atvejai (3.2 lentelė).

3.2 lentelė. Miesto inžinerinių tinklų variantai

Table 3.2. Variants of city utilities

Varianto Nr.	Elektros tinklai	Vandentiekis	Nuotakynas	Dujotiekis	Šilumos tinklai	Telekomunikacijos
Kom. 1	+	+	+	+	+	+
Kom. 2	+	+	+	+	–	+
Kom. 3	+	+	–	+	–	+
Kom. 4	+	+	+	–	–	–
Kom. 5	+	+	–	–	–	–
Kom. 6	+	–	–	–	–	–
Kom. 7	+	–	–	+	–	–
Kom. 8	+	+	+	–	–	+
Kom. 9	–	+	–	+	–	–
Kom. 10	–	–	–	–	–	–

Suformuotų variantų pradinių rekomenduojamų reikšmių nustatymui, , taikomas ekspertinis metodas. Parengus pradinius duomenis, atlikus skaičiavimus, sudaroma ekspertinė forma rodiklio svarbai nustatyti (3.3 lentelė). 3.4 lentelėje pateiktos rekomenduojamos rodiklio svarbos reikšmės. Reikšmes vertina ekspertų grupė – architektai, projektuotojai, statytojai, užsakovai, inžinieriai, mokslininkai.

Analogiškai suformuojami ir kiti rodikliai.

3.3 lentelė. Ekspertinė integruotų inžinerinių komunikacijų variantų vertinimo lentelė**Table 3.3.** Expert table of evaluation of integrated engineering services variants

Eksperto vardas, pavardė	Autori- tetai	Kom. 1	Kom. 2	Kom. 3	Kom. 4	Kom. 5	Kom. 6	Kom. 7	Kom. 8	Kom. 9	Kom. 10
Ekspertas 1	1,00	10	10	8	10	9	7	7	10	7	5
Ekspertas 2	1,00	10	10	8	9	8	5	6	9	7	4
Ekspertas 3	0,90	8	7	6	10	6	6	5	10	5	3
Ekspertas 4	0,90	9	10	7	7	7	6	6	8	6	3
Ekspertas 5	0,90	9	8	8	9	7	6	6	9	6	2
Ekspertas 6	0,80	8	8	9	9	6	5	5	9	6	3
Ekspertas 7	0,80	9	9	9	8	7	6	6	9	8	2
Ekspertas 8	0,80	8	9	8	10	9	6	6	10	5	3
Ekspertas 9	0,80	10	10	9	8	8	6	7	9	7	4
Ekspertas 10	0,80	10	10	9	10	8	7	7	10	8	3
Rangų suma		79	79	70	78	65	52	53	81	57	28
Vidutinis rangas		7,94	7,93	7,01	7,84	6,54	5,22	5,31	8,09	5,65	2,82
Konkordacijos koef. (W)		0,56									
Konkordacijos koef. svarba (X^2)		50,03									
Konkordacijos koef. svarba (X^2_{lent})		20,09									

3.4 lentelė. Integruotų inžinerinių komunikacijų rodiklių variantų reikšmių lentelė**Table 3.4.** Integrated engineering services attribute variants values table

Varianto Nr.	Reikšmės
Inžinerinės komunikacijos 1 (Kom. 1)	7,94
Inžinerinės komunikacijos 2 (Kom. 2)	7,93
Inžinerinės komunikacijos 3 (Kom. 3)	7,01
Inžinerinės komunikacijos 4 (Kom. 4)	7,84
Inžinerinės komunikacijos 5 (Kom. 5)	6,54
Inžinerinės komunikacijos 6 (Kom. 6)	5,22
Inžinerinės komunikacijos 7 (Kom. 7)	5,31
Inžinerinės komunikacijos 8 (Kom. 8)	8,09
Inžinerinės komunikacijos 9 (Kom. 9)	5,65
Inžinerinės komunikacijos 10 (Kom. 10)	2,82

Aplinka (V_2) – sklypą supančios aplinkos įvertinimas, pvz., miškas ar kito sklypo riba; kokioje vietoje sklypas: arti gatvės (kur daug dulkių, automobilių išmetamųjų dujų, padidėjęs triukšmas), transformatorinės (kur padidėjęs elektromagnetinis laukas), didelės gamyklos, oro uosto, geležinkelio (padidėjęs triukšmas) ar kt. Tai sukelia papildomų kompensacinių priemonių poreikį gyvenimo kokybei užtikrinti bei papildomas išlaidas atitinkamuose pastato gyvavimo ciklo etapuose. Sklypo aplinkos integruoti variantai pateikti 3.5 lentelėje.

3.5 lentelė. Sklypo aplinkos integruoti variantai

Table 3.5. Integrated environment evaluation variants

Variantų Nr.	Kraštinis sklypas	Pramoninis rajonas	Vandens telkiniai	A ar B kategorijos gatvės	Aukštoji įtampa (<300 m)	Miškas, želdiniai
Aplinka 1	+	–	+	–	–	+
Aplinka 2	+	–	–	–	–	+
Aplinka 3	+	–	–	–	–	–
Aplinka 4	–	–	–	–	–	–
Aplinka 5	–	+	–	–	–	–
Aplinka 6	+	–	–	–	–	–
Aplinka 7	–	–	–	–	+	–
Aplinka 8	–	–	–	–	+	+
Aplinka 9	–	–	+	–	+	–

3.6 lentelė. Integruotų aplinkos vertinimo rodiklių reikšmių lentelė

Table 3.6. Integrated environmental attribute variants value table

Variantų Nr.	Reikšmės
Aplinka 1	8,70
Aplinka 2	7,93
Aplinka 3	6,12
Aplinka 4	4,26
Aplinka 5	2,36
Aplinka 6	3,41
Aplinka 7	1,83
Aplinka 8	3,55
Aplinka 9	3,65

Sudarant aplinkos vertinimo sistemą, buvo taikytas ekspertinis metodas. Išnagrinėjus galimus, išskirti dažniausiai pasitaikantys variantai įvertinti ekspertų (1B lentelė). 3.6 lentelėje pateiktos nustatytos rekomenduojamos šio rodiklio reikšmės.

Sklypo forma (V_3) – geometrinė sklypo forma (kvadratas, stačiakampis ir kt.), proporcijos. Šis rodiklis vertina vienbučio gyvenamojo namo integravimo į sklypą galimybes. Būtina įvertinti atstumus tenkinant esminius statinio reikalavimus. Nuo sklypo formos priklauso naudotojo komforto lygis. Čia būtinai turi būti įvertinti apklausos rezultatai.

Sklypo plotas (V_4) – numatytas sklypo plotas (kvadratiniais metrais). Sklypo ploto įtaka projekto parinkimui ar kūrimui yra didelė. Investicijas sklypo dydis taip pat daro įtaką, nes nuo to priklauso ir sklypo kaina numatoma naudoti tolesniuose sprendimo etapuose (kaina dažniausiai nustatoma litais už arą arba kvadratinį metrą).

Sklypo reljefas (V_5) – geologinės sklypo sąlygos, žemės paviršiaus forma. Čia yra galimybė išnaudoti specialias sklypo formas įdomesniems projekto sprendimams, tačiau apriboja tipinių projektų pritaikymą.

Viešosios poilsio vietos (V_6) – greta esantys parkai, aikštynai, miškai, vandens telkiniai, pritaikyti aktyviam poilsiui, galimybė lankytis įvairiuose kultūros ir sporto renginiuose kultūros, pramogų laisvalaikio ir sporto centrai. Šiuo atveju siūloma taikyti integruotą rodiklio reikšmingumo nustatymo būdą (kaip ir anksčiau minėtuose variantuose) (3.7 lentelė).

3.7 lentelė. Galimų viešųjų poilsio vietų vertinimo rodiklio integruoti variantai

Table 3.7. Public recreation areas evaluation integrated attribute variants

Varianto Nr.	Parkas	Sporto aikštynas	Vandens telkinys, pritaikytas poilsiui	Kultūros, sporto, koncertų salė	Bendruomenės užimtumo centras	Viešojo maitinimo įstaigos
Poilsis 1	–	–	–	–	–	–
Poilsis 2	+	–	+	–	–	+
Poilsis 3	+	–	–	+	–	+
Poilsis 4	+	–	–	+	+	+
Poilsis 5	–	+	–	+	–	–
Poilsis 6	–	–	+	–	+	+
Poilsis 7	+	–	–	–	–	+
Poilsis 8	+	–	+	–	–	–

Parengus pradinį duomenis, atlikus skaičiavimus, sudaroma ekspertinė forma rodiklio integruotoms vertinimo reikšmėms nustatyti (2B lentelė). 3.8 lentelėje pateiktos rekomenduojamos rodiklio vertinimo reikšmės.

3.8 lentelė. Integruotų viešųjų poilsio vietų vertinimo rodiklio variantų reikšmių lentelė

Table 3.8. Integrated public environmental attribute variants values table

Variantų Nr.	Reikšmės
Poilsis 1	2,73
Poilsis 2	8,21
Poilsis 3	6,97
Poilsis 4	7,33
Poilsis 5	6,54
Poilsis 6	4,91
Poilsis 7	7,07
Poilsis 7	7,70

Socialinė infrastruktūra (V₇) – šiam rodikliui taip pat sudaroma rekomenduojama integruotų variantų sistema: prekybos centrai, parduotuvės, turgavietės, kur galima įsigyti žemės ūkio produktų, vaikų lopšeliai-darželiai, mokymo įstaigos, vaikų ir jaunimo užimtumo, studijų centrai, gydymo įstaigos, vaistinės.

3.9 lentelė. Socialinės infrastruktūros vertinimo integruoti variantai

Table 3.9. Social infrastructure evaluation integrated attribute variants

Variantų Nr.	Prekybos centras	Mokykla	Vaikų lopšelis-darželis	Pirminės medicinos centras	Verslo centrai	Turgavietė	Kitos švietimo įstaigos
Soc. Infr. 1	–	–	–	–	–	–	+
Soc. Infr. 2	+	+	–	–	–	–	–
Soc. Infr. 3	+	+	+	–	–	–	–
Soc. Infr. 4	+	+	+	–	+	–	–
Soc. Infr. 5	+	–	+	–	–	+	–
Soc. Infr. 6	–	+	+	+	+	–	–
Soc. Infr. 7	+	+	+	+	–	–	–
Soc. Infr. 8	+	+	+	–	–	+	–

Kaip ir inžinerinių komunikacijų, aplinkos, taip ir šiuo atveju galima rodiklį vertinti ekspertiniu metodu. Išanalizavus sudaryti dažniausiai pasitaikantys variantai (3.9 lentelė).

Parengus pradinį duomenis, atlikus skaičiavimus, sudaroma ekspertinė forma integruotų rodiklių variantų reikšmėms nustatyti (3B lentelė). 3.10 lentelėje pateikti integruotų socialinės infrastruktūros rodiklių variantų reikšmių lentelė

3.10 lentelė. Integruotų socialinės infrastruktūros rodiklių variantų reikšmių lentelė

Table 3.10. Integrated social infrastructure evaluation attribute variants value table

Variantų Nr.	Svarbos reikšmės
Socialinė infrastruktūra 1 (Soc. Infr. 1)	1,22
Socialinė infrastruktūra 2 (Soc. Infr. 2)	6,08
Socialinė infrastruktūra 3 (Soc. Infr. 3)	6,51
Socialinė infrastruktūra 4 (Soc. Infr. 4)	6,77
Socialinė infrastruktūra 5 (Soc. Infr. 5)	7,46
Socialinė infrastruktūra 6 (Soc. Infr. 6)	7,83
Socialinė infrastruktūra 7 (Soc. Infr. 7)	8,18
Socialinė infrastruktūra 8 (Soc. Infr. 8)	7,48

3.11 lentelė. Susisiekimo vertinimo integruoto rodiklio variantai

Table 3.11. Communications evaluation integrated attribute variants

Variantų Nr.	Pėsčiųjų takai	Dviračių takai	Viešasis transportas	Pakankamas automobilių statymo vietų skaičius
Susisiekimas 1	–	–	–	–
Susisiekimas 2	+	–	–	–
Susisiekimas 3	+	+	–	–
Susisiekimas 4	+	+	–	+
Susisiekimas 5	+	+	+	+
Susisiekimas 6	+	–	+	+
Susisiekimas 7	+	–	–	+
Susisiekimas 8	+	–	+	–

Susisiekimas (V_8) – tai gyvenamajame rajone įrengti saugūs pėsčiųjų ir dviračių takai, patogus susisiekimas viešuoju transportu, pakanka automobilių parkavimo vietų, jos gerai integruotos į aplinką.

Šio rodiklio integruotų variantų reikšmių nustatymui taikomas kaip ir anksčiau minėtuose variantuose ekspertinis metodas. 3.11 lentelėje pateikti susisiekimo vertinimo rodiklių integruoti variantai.

Parengus pradinį duomenis, atlikus skaičiavimus, sudaroma ekspertinė forma rodiklio reikšmėms nustatyti (4B lentelė).

3.12 lentelėje pateikti susisiekimo rodiklio integruotų variantų svarbos reikšmės.

3.12 lentelė. Susisiekimo rodiklių vertinimo integruotų variantų reikšmių lentelė

Table 3.12. Integrated transport infrastructure attribute variants values table

Variantų Nr.	Reikšmės
Susisiekimas 1 (Susisiek. 1)	1,84
Susisiekimas 2 (Susisiek. 2)	4,00
Susisiekimas 3 (Susisiek. 3)	5,87
Susisiekimas 4 (Susisiek. 4)	7,43
Susisiekimas 5 (Susisiek. 5)	8,51
Susisiekimas 6 (Susisiek. 6)	7,16
Susisiekimas 7 (Susisiek. 7)	6,89
Susisiekimas 8 (Susisiek. 8)	5,39

Bet kurioje aplinkoje pastatytame name naudotojo poreikiai priklauso nuo architektūrinių ir konstrukcinių sprendinių. Todėl labai svarbu vertinti ir patį projektą.

3.1.2. Pastato projekto vertinimas

Kita gyvenimo kokybės etapo vertinimo pakopa – pastato projekto vertinimas. Pastato projektui vertinti pagal atliktą analizę nustatyti tokie pagrindiniai rodikliai (3.13 lentelė).

Projekto tipas (P_1) – rodiklis, nusakantis projekto originalumą. Nagrinėjant šį rodiklį, daroma prielaida, kad gali būti du skirtingi požymiai, t. y. tipinis projektas pritaikytas vietovėje, ar individualus, kuriamas konkrečioje vietovėje. Šis rodiklis turi ryšį su projekto kainos rodikliu. Savaimė suprantama, kad originalaus pastato projekto paruošimas kainuos kur kas daugiau nei tipinio.

Pastato interjeras (P_2) – vienbučio gyvenamojo namo projekte sukurtos vidaus erdvės, interjero detalių, jų vietos ir formos (pvz., laiptų, židinio, kelis aukštus apimančios erdvės) estetikos vertinimas balais.

Pastato estetiškas vaizdas (P_3) – rodiklis, apibūdinantis pastato eksterjero estetiką ir architektūrinę išraišką. Pastato eksterjerą formuoja tūrių, jų formų skaidymas naudojant architektūrinius elementus (langus, terasas, garažų tūrius, balkonus), faktūrą (dailylentes, skaldytas ar apdailines plytas, dekoratyvųjį tinką) spalvą (spalvos, ar jų deriniai), ar faktūros ir spalvų derinius.

3.13 lentelė. Projekto architektūrinių sprendimų parinkimo daugiatislio vertinimo rodikliai

Table 3.13. The project architectural multi selection indicators

Rodikliai	Matavimo vnt.	Min ar max
Projekto tipas (P_1)	balai	+
Pastato interjeras (P_2)	balai	+
Pastato estetiškas vaizdas (P_3)	balai	+
Pastato natūrali apšvieta (P_4)	balai	+
Projektuotojo reitingas (P_5)	balai	+
Projekto pateikimo kokybė (P_6)	balai	+
Pastato bendras plotas (P_7)	m ²	+(-)
Miegamųjų skaičius (P_8)	vnt.	+ (-)
Automobilių vietų skaičius (P_9)	vnt.	+(-)
Pastato funkcionalumas (P_{10})	balai	+
Aukštų skaičius (P_{11})	vnt.	+ (-)
Projektavimo terminai (P_{12})	mėn.	-

Pastato natūrali apšvieta (P_4) – rodiklis, apibūdinantis natūralią pastato apšvietą. Vertinama atsižvelgiant į esminius statinio reikalavimus, galiojančius statybos techninius reglamentus ir higienos normas bei kitus sveikatos priežiūros teisės aktus.

Projektuotojo reitingas (P_5) – projektuotojo anksčiau atliktų darbų įvertinimas balais. Vertinant reikėtų atkreipti dėmesį ne tik į fasadus, bet ir į tai, kaip pastatas dera aplinkoje, kokios jo proporcijos, tūris ir spalvos.

Projekto pateikimo kokybė (P_6) – atlikto projekto pateikimo būdo kokybės (kiek projektas informatyvus, detalus, atitinkantis LR standartus) vertinimas balais.

Pastato bendrasis plotas (P_7) – projekte numatytas pastato visų patalpų (visų gyvenamųjų kambarių, pagalbinių patalpų, laiptinių, nešildomų patalpų) plotas (kvadratinų metrų skaičius).

Miegamųjų skaičius (P_8) – projekte numatytų miegamųjų patalpų skaičius.

Automobilių vietų skaičius saugykloje (P_9) – automobilių vietų skaičius saugykloje (garaže). Čia reikėtų atsižvelgti į tai, kokie yra naudotojų poreikiai.

Projektuojamo pastato funkcionalumas (P_{10}) – projekto atitikties vienbučio gyvenamojo pastato keliamiems funkciniais reikalavimams įvertinimas balais.

Pastato aukštų skaičius (P_{11}) – projekte numatytas pastato aukštų skaičius. Vienbučiame gyvenamajame name gali būti šie aukštai: rūsys, cokolinis aukštas, vienas ar du antžeminiai aukštai, mansardinis aukštas.

Vieno aukšto namas yra santykinai pigesnis, suplanavimas lankstesnis, geresnės akustinės savybės, patogesnis gyventi neįgaliesiems ir senyvo amžiaus žmonėms. Dviejų aukštų (mansardiniam) name galima patogiai atskirti pagrindines funkcijas: pirmasis aukštas – gyvenamasis, miegamieji įrengiami antrame aukšte (mansardoje). Rūsys brangina statybą ir, kaip rodo patirtis, pastaruoju metu rūšiai retai projektuojami. Tačiau esant sudėtingam sklypo reljefui (dideli peraukštėjimai, šlaitas) ar kai sklypo plotas nedidelis, rūsyje galima įrengti technines ir pagalbines patalpas.

Projektavimo terminai (P_{12}) – laiko tarpas, per kurį projektas parengiamas tolesniam etapui.

Šiame procese labai svarbu, kas dalyvauja nustatant reikalavimus projektui (arba formuoja projektavimo užduotį). Architektūriniai sprendimai, kuriuos priima projektuotojai, priklauso ne tik nuo architekto ar užsakovo. Čia dalyvauja daug veiksnių (įvairūs ribojimai ir projektui keliami reikalavimai, vietos, konstrukcijų parinkimo, ekonominių rodiklių, finansavimo būdų ir t. t.). Pavyzdžiui, sklypo padėtis kitų sklypų atžvilgiu gali būti susijusi su triukšmu, patogiu (ar nepatogiu) privažiavimu bei papildomomis naudojimo išlaidomis; sklypo konfigūracija turi įtakos pastato plano formai, tūriams (trapecijos formos sklype galima ar net pageidautina projektuoti įdomesnių formų, nestandartinį pastatą, kuris derėtų aplinkoje); sklypo dydis – pastato aukštingumui, sklypo užstatytam plotui. Vietovės reljefas taip pat veikia pastato struktūrą, patalpų išdėstymą bei konstrukcinį sprendimą, o kartu pastato interjerą bei eksterjerą. Šiuo atveju keliamas tikslas – suderinti visus šiuos veiksnys.

3.1.3. Pastato konstrukcinės schemos (stuomens) vertinimas

Konstrukcinis pastato sprendimas lemia pastato ilgaamžiškumą ir statybos technologiją, nuo jo priklauso pastato statybos trukmė ir kaina, eksploataavimo išlaidos ir t. t. Reikia paminėti, kad konstrukciniai sprendimai daro įtaką ir

architektūriniais sprendimams (pvz., karkasiniame name galima laisviau formuoti erdves).

Ši uždavinio pakopa sudaryta iš dviejų dalių:

1. Pastato išorinių sienų laikančios konstrukcijos parinkimas;
2. Pastato stogo konstrukcijos parinkimas.

Pagal LR Statybos techninius reglamentus, pastato pamatų konstrukcija turi būti projektuojama atsižvelgiant į grunto geologinį struktūrą (atlikus geologinius tyrinėjimus). Investicinio projekto rengimo metu pradiniam etape nėra tikslinga tai atlikinėti, taigi, šiame etape pamatų konstrukcijos neprenkamos.

Suformuota pastato stuomens parinkimo rodiklių sistema pateikta 3.14 lentelėje.

3.14 lentelė. Sienų konstrukcinių sprendimų parinkimo daugiatikslio vertinimo rodikliai

Table 3.14. Walls structural variants selection indicators

Rodikliai	Matavimo vnt.	Min. ar Max.
Konstrukcijos svoris (K_1)	balai	-
Projektinis šilumos laidumo koeficientas λ_{ds} , (K_2)	W/(m·K)	+
Montavimo trukmė (K_3)	balai	-

Konstrukcijos svoris (K_1) – rodiklis, svarbus statybos procese, susijęs su statybinių medžiagų transportavimo kaštais, darbo našumu, ir kitais klausimais. Vertinimas balais.

Projektinis šilumos laidumo koeficientas λ_{ds} (K_2) – konstrukcijos statybinės medžiagos arba gaminio šiluminio techninio dydžio vertė, atitinkanti gaminio ar medžiagos savybes eksploatavimo sąlygose, W/(m·K) (STR 2.01.03:2009).

Montavimo trukmė (K_3) – pastato stuomens montavimo trukmė (vertinama balais).

Tam tikri pastato stogo konstrukcijos ir dangos vertinimo rodikliai parinkti analogiškai pastato stuomens vertinimo rodikliams (konstrukcijos svoris K_1). Kiti naudojami rodikliai pateikti 3.15 lentelėje.

Darbo imlumas (K_4) – rodiklis kurį nusako darbo laiko sąnaudų ir pagamintos produkcijos santykis (vertinama balais).

Atsparumas aplinkos poveikiui (K_5) – nusako konstrukcijos gebėjimą statybos ir naudojimo metu atlaikyti galimus poveikius, kurie galėtų sukelti statinio griūtį, padaryti žalos kitoms statinio dalims, įrenginiams ar įrangai dėl didelių Konstrukcijos deformacijų (Vertinama balais).

Estetika (K_6) – estetinė konstrukcinio elemento išvaizda, galimybė ją išnaudoti kaip interjero ar eksterjero detalę, galimų apdailos variantų įvertinimas balais. Kuriant stogo dangos parinkimo sistemą, estetikos rodiklio svarbai nustatyti, taikomas ekspertinis metodas. Išanalizavus galimus variantus, nustatyti dažniausiai pasitaikantys šio rodiklio integruoti variantai ir reikšmės pateiktos darbo prieduose.

Vietinių medžiagų panaudojimas (K_7) – galimybė naudoti statybines medžiagas, kurios gaminamos Lietuvoje.

3.15 lentelė. Stogo dangos sprendimų parinkimo daugiatiskslio vertinimo rodikliai

Table 3.15. Indicators of selection of Roof covering variants

Rodikliai	Pinigai	Matavimo vnt.	Min. ar max.
Konstrukcijos svoris (K_1)	–	balai	+
Darbo imlumas (K_4)	–	balai	+
Atsparumas aplinkos poveikiui (K_5)	–	balai	+
Estetika (K_6)	–	balai	+
Vietinių medžiagų panaudojimas (K_7)	–	balai	+

Kokybinių rodiklių reikšmės pagal nagrinėjamus variantus apskaičiuotos kaip ir pirmos pakopos kokybinių rodiklių.

Pradiniai rodiklių svarbos koeficientai nustatyti remiantis projektiniuose siūlymuose randama informacija. Tolimesniame sprendime rodiklių svarbos koeficientai įvertinami taikant ekspertinį metodą. Rezultatai surašomi į pagrindinę pradinių duomenų lentelę.

Konstrukcijai parinkti pirmiems trims rodikliams (estetika, ilgaamžiškumas, perdirbimas) parengti integruoti sprendimai. Tolesniam sprendimui taikytas daugiakriterinių sprendimų sintezės DSS1 metodas.

3.1.4. Energetinio efektyvumo vertinimas

Eksplotavimo energija sudaro didžiąją dalį energijos, naudojamos pastatuose. Todėl labai svarbu, kad šios energijos poreikiai būtų kuo mažesni. Rengiant projektą būtina atsižvelgti, kad pastato viduje būtų tinkamas mikroklimatas, tačiau nevartojama per daug energijos. Parinkus statinio architektūrinius ir konstrukcinius sprendinius labai svarbu parinkti ir numatyti statinio energetinio efektyvumo didinimo priemones. Nuo parinktų energijos taupymo priemonių priklauso komforto sąlygos ir eksploatavimo išlaidos.

Šiame etape tikslinga vertinti tik techninius parametrus. Diegimo ir eksploatavimo kaštų vertinimas numatomas ekonominio naudingumo vartotojui

ir investicijų efektyvumo vertinimo etapuose. Techninius parametrus vertinant rekomenduojama remtis šiais rodikliais;

Stogo šilumos perdavimo koeficientas (EF_1) – vertinama šilumos perdavimo koeficiento vertė U_r ($W/(m^2 \cdot K)$),

Išorinės sienos šilumos perdavimo koeficientas (EF_2) – vertinama šilumos perdavimo koeficiento vertė U_w ($W/(m^2 \cdot K)$),

Langų šilumos perdavimo koeficientas (EF_3) – vertinama šilumos perdavimo koeficiento vertė U_{wd} ($W/(m^2 \cdot K)$),

Perdangos, kuri ribojasi su išore šilumos perdavimo koeficientas (EF_4) – vertinama šilumos perdavimo koeficiento vertė U_{ce} ($W/(m^2 \cdot K)$),

Durų šilumos perdavimo koeficientas (EF_5) – vertinama šilumos perdavimo koeficiento vertė U_d ($W/(m^2 \cdot K)$),

Šildymo sistemos efektyvumas (EF_6) – vertinama procentais (%);

Karšto vandens ruošimo sistema (EF_7) – vertinami energijos šaltiniai karštam vandeniui ruošti, 1 balas – kai naudojamos dujos, 2 balai – elektra, 3 balai – atsinaujinantys energijos šaltiniai.

Vėdinimo sistema (EF_8) – vertinamas vėdinimo sistemos efektyvumo lygis, išsaugojant energiją. Vertinama balais: 1 balas – natūrali vėdinimo sistema, 2 balai – mechaninė vėdinimo sistema, 3 balai – rekuperacinė vėdinimo sistema (efektyvumas iki 60%), 4 balai – rekuperacinė vėdinimo sistema (efektyvumas virš 60%).

3.1.5. Pirmojo etapo projektinių variantų formavimas ir sprendimo metodas

Pirmojo etapo uždaviniui spręsti pasirinktas daugiapakopis daugiatakslis sprendimų sintezės, remiantis priimamo sprendimo sėkmės (PSS2) kriterijumi, daugiakriterinių sprendimų sintezės (DSS1) metodas (Šarka, 2000), aprašytas 3.4.1 skyriuje.

Pagal metodikos reikalavimus kiekvienai pakopai formuojami variantai, priskiriamos rodiklių sistemos, nustatomi rodiklių rangai ir kiekvienam variantui apskaičiuojamos rodiklių reikšmės. Įsitikinus, kad pradiniai duomenys yra teisingi, dar reikia peržiūrėti suderinamumo lentelių (ryšio lentelių) reikšmes. Naudojantis šiomis lentelėmis yra kontroliuojami variantų, esančių skirtingo lygio duomenyse, tarpusavio suderinamumo klausimai. Čia galima išskirti kelias galimų nesuderinamųjų grupes:

1. Variantai yra nesuderinami techniškai arba technologiškai (statybose vandenys neįmanoma įrengti juostinių pamatų, po kolonomis neekonomiška įrenginėti juostinius pamatus);

2. Sprendimą priimančio asmens (ekspertas) kiekvienu atskiru atveju gali numatyti neefektyvius sprendimo elementus ir apriboti jų vykdymą dirbtinai įvesdamas tarp jų nesuderinamumo žymę (prie pigaus fasado nėra tikslo įrenginėti labai prabangių aliuminio konstrukcijų varstomų langų, ne visos kompanijos sugeba atlikti tam tikrus specifinius darbus ir t.t.).

Čia reikėtų paminėti sprendimą priimančio asmens kompetentingumą. Nuo to labai priklauso praktikoje įgyvendinamo efektyvaus sprendimo priėmimas.

Atlikus skaičiavimus ir atrinkus pasirinktos imties variantus, atliekami parengiamieji skaičiavimai antrojo ir trečiojo etapo sprendimams (skaičiuojamos sąmatos, įvertinant sklypo kainą, projektavimo darbų kaštai, pastato stuomens statybos bei energinių efektyvumo priemonių paketo diegimo kaštai, numatoma objekto pardavimo kaina).

Matematinio modeliavimo metodu nustatomas atrinktų variantų investavimo rizikų lygiai (metodo aprašymas pateikiamas 3.4.2 skyriuje). Toliau formuojami galutiniai nagrinėjamo uždavinio variantai antrojo ir trečiojo etapo sprendimams.

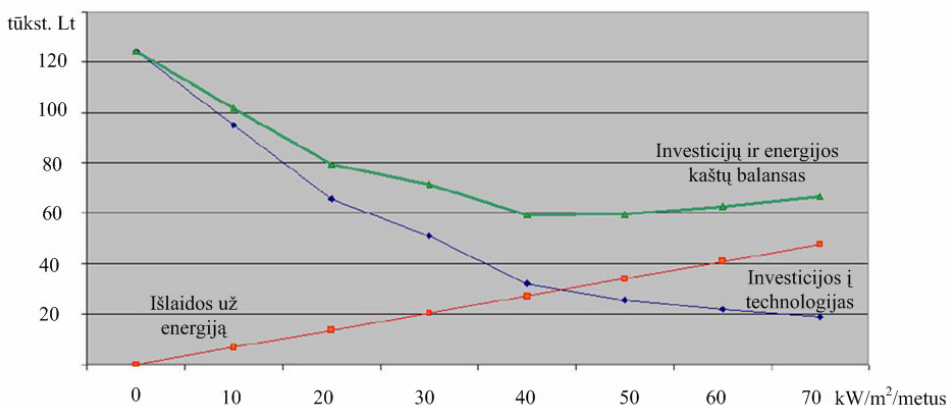
3.2. Ekonominio naudingumo naudotojui vertinimas

Kad investicinis projektas būtų sėkmingas, būtina pagrįsti ekonominę naudą galutiniam naudotojui. Šiame etape nagrinėjami pirmajame etape sintezės būdu pagal poreikius, gyvenimo kokybės bei techninius reikalavimus suformuotų ir atrinktų kompleksinių variantų ekonominis vertinimas pastato gyvavimo cikle. Remiantis uždavinio sprendimo etapo rezultatais galima nustatyti būsto įsigijimo bei eksploatacijos kaštų priklausomybes ir galimybes, kad tokį būstą investuotojui pavyks parduoti.

Pasirinktas 25 metų pastato naudojimo laikotarpis. Tokį pasirinkimą lėmė tai, kad ilgalaikės paskolas bankai suteikia nuo 10 metų iki 40 metų laikotarpiui. Pasirinkus 10 metų paskolos grąžinimo laikotarpį, vartotojui tenka mokėti dideles įmokas grąžinant paskolą. 40 metų paskolos grąžinimo laikotarpis nepalankus vartotojui dėl padidėjusios galutinės būsto kainos, grąžinus paskolą.

Įvertinus papildomų energinio efektyvumo priemonių diegimo sąnaudas ir sudėjus išlaidas už suvartojamą energiją per 25 metus, optimalaus varianto zona, kurią tikslinga nagrinėti, yra 30–60 kW/m²/a (3.3 pav.)

Tolimesni skaičiavimai vykdomi kiekvienam pirmo etapo metu suformuotam kompleksiniam variantui.



3.3 pav. Ekonominis naudingumas per 25 metus (100 m² ploto)
Fig. 3.3. The economic performance in 25 years (for 100 m² space)

Šiame etape vertinama pagal šiuos rodiklius:

- Būsto pirkimo kaina (E₁),
- Finansinės naudotojo galimybės (E₂),
- Išlaidos energijai per vartojimo laikotarpį (E₃),

Būsto pirkimo kaina (E₁) – tai kaina, kurią sumoka pirkėjas pardavėjui už būstą (tūkst. Lt.).

Išlaidos energijai per vartojimo laikotarpį (E₂) – vertinama per pasirinktą pastato gyvavimo ciklo laikotarpį, kokias išlaidas Lt/m² numatoma patirti įdiegus vienokias ar kitokias energijos efektyvumo priemones (tūkst. Lt.).

Išlaidos priežiūrai per vartojimo laikotarpį (E₃) – vertinamos išlaidos, kurias naudotojas galimai patirs eksploatuodamas įrangą (informacija iš įrangos tiekėjų) (tūkst. Lt.).

3.3. Investicijų efektyvumo vertinimas

Bet kuriose finansinėse ir komercinėse operacijose bei sandoriuose pinigų sumos, nepriklausomai nuo jų kilmės ir paskirties, būtinai siejamos su tam tikrais laiko momentais arba intervalais (Rutkauskas, 2000). Tuo tikslu sandoriuose fiksuojamos tam tikros piniginių įplaukų arba išmokų datos, terminai, periodai. Laiko veiksnys dažnai būna ne mažiau svarbus negu pinigų sumos dydžiai (ypač ilgalaikėse operacijose). Šio veiksnio svarbą lemia pats finansavimo arba kreditavimo proceso pobūdis, nes įvairiais laiko momentais gautų ar išleistų pinigų vertė nevienoda, seikėjant ją dabarties galimybėmis. Absoliutinių dydžių

vienodų sumų nelygiavertiškumą pirmiausia lemia tai, kad kiekvieną pinigų sumą galima investuoti ir tikėtis pelno. Gaunamos pajamos savo ruožtu gali reinvestuotis ir t. t. Jeigu dabartiniai pinigai vertingesni už būsimuosius, tai ir numatomos ateityje įplaukos bus mažiau vertos negu einamosios.

Ekonominis investicinių projektų vertinimas parodo projektų naudą, siejant ją su kapitalo sąnaudomis, nes dažnai yra sunku surasti vienintelį rodiklį naudai vertinti. Tobulų rodiklių nėra, visi turi savų pranašumų ir trūkumų. Remiantis investicinių projektų vertinimo metodologija, įprasta rodiklius skirstyti į tokias kategorijas:

- paprasti (nediskontuojantys) rodikliai;
- diskontuojantys (kai pinigai vertinami per tam tikrą laiką).

Atsižvelgiant į statybos investicinių procesų dinamiką pasirinkti diskontuojantys rodikliai, kurie remiasi teorija, kad būsimos lėšos dabar turi mažesnę vertę.

Investicinio projekto efektyvumui vertinti modelyje naudojami rodikliai, siekiant nustatyti pradinį galimų investicinių projektų efektyvumo lygį. Atlikus pradinį įvertinimą naudojant šį modelį, pasirinktus bent du investicinius variantus būtina detaliau įvertinti pasitelkiant detalesnius rinkos tyrimų ir ekonominio vertinimo metodus. Įpatingas dėmesys turi būti skiriamas finansinės rinkos rizikų vertinimui ir finansavimo šaltinių tinkamam pasirinkimui.

Ekonominiam investicinio projekto vertinimui suformuota rodiklių sistema:

Grynoji esama vertė (*angl. Net Present Value*) (F_1) – taikant šį metodą visi investicinio projekto būsimieji pinigų srautai perskaičiuojami į ekvivalentišką pinigų kiekį esamuoju laiku. Grynoji esamoji vertė išreiškiama litais. Kuo ši vertė didesnė – tuo investicinis projektas geresnis.

Vidinė pelno norma (*angl. Internal Rate of Return*) (F_2) – šiuo metodu randama projekto pelno norma, kuriai esant laukiamų projekto piniginių įplaukų vertė lygi laukiamai projekto išlaidų normai. Ši pelno norma išreiškta procentais (%). Kuo ši pelno norma didesnė – tuo projektas geresnis.

Atsipirkimo periodas (*angl. Payback Period*) (F_3) – šis populiarus ekonominės analizės būdas parodo, bus periodą, reikalingų pradinėms investicijoms padengti skaičius. Šis dydis išreiškiamas metais. Kuo laikotarpis trumpesnis, tuo projektas geresnis. .

Pelningumo indeksas (*angl. Profitability Index*) (F_4) – rodo santykinį projekto pelningumą. Lygus diskontuoto pajamų srauto ir diskontuoto išlaidų srauto santykiui. Rodiklis apibrėžia įdėjimų efektyvumą ir rezultatas yra tinkamas, kai jis didesnis už 1.

Investicinio projekto sąnaudos (F_5) – jas sudaro sklypo, projektavimo, pastato stuomens statybos, parengiamųjų darbų, naudojamų medžiagų, technikos nuomos kainos bei darbininkų atlyginimai, papildomai įrengiamų energinio efektyvumo priemonių (šiltinimo sluoksnis, vėdinimo sistemos ir kt.) kaštai.

Kaina išreiškiama 1000 litų. Skaičiuojant variantų sąnaudas būtina įvertinti pagal pasirinkto pastato dydį ir energinį efektyvumą reikalingų investicijų finansavimo būdus. Jei nuosavomis lėšomis, įtaka minimali, jei reikalingos skolintos lėšos, būtina įvertinti pabrangimą.

3.4. Modelyje taikomi metodai

Statybos projektų rengimo, derinimo ir įgyvendinimo procesas apibūdinamas kaip ne griežtai apibrėžtas procesas. Racionalioms investicijoms į vienbučių gyvenamųjų namų efektyvią statybą parinkti sudarytas originalus modelis, taikant daugiakriterinio vertinimo sintezės metodiką bei į modelį integruotus matematinio modeliavimo ir ekspertinį metodus. Modelio duomenų bazės pagrindu bei skaičiavimams atlikti buvo pasirinkta daugiapakopių daugiatislių sprendimų sintezės DSS1 metodika (Šarka ir kt. 2008). Toliau pateiktas modelio aprašymas ir duomenų bazės sudarymo principai.

Daugiapakopių daugiatislių sprendimų sintezė, suteikia galimybę apsisprendžiančiajam priimti efektyvų sprendimą, kada reikia įvertinti keletą, dažniausiai priešingų, požymių. Pirmasis dalykas į kurį reikėtų atkreipti dėmesį susidūrus su šia problema yra tas, kad čia paprastai neįmanoma nustatyti tokio sprendimo, nutarties ar veiksmo, kuris visais aspektais būtų optimalus. Taigi žodis optimizacija šiame kontekste labai dažnai neturi jokios prasmės. Kitaip nei klasikiniai alternatyvų tarpusavio ryšių tyrinėjimo metodai, daugiakriteriniai metodai nereikalauja objektyviai geriausių sprendimų, nes šiuo atveju galima teigti, kad tokie sprendimai iš viso išskirti neegzistuoja (Šarka ir kt. 2008).

Taigi šiuo aspektu atskirų struktūrų jungimo į vieningą sistemą, kartu išsprendžiant skirtingose pakopose esančių variantų tarpusavio ryšių suderinamumo problemas, nagrinėjimas yra labai svarbus daugiatisliams sprendimams.

Sintezės metodika atitinka pagrindinius šiame darbe iškeltus reikalavimus:

- iš kelių atskirai detaliai aprašytų procesų ar projektų per ryšio lenteles galima sudaryti visus galimus variantus, kad rezultatai būtų tikslesni;
- metodika yra patogi taikyti ir sprendimo metu pateikia tikslią bei aiškią informaciją apie galimą priimamą sprendimą;
- kartu sprendime dalyvaujantys specialistai gali aktyviai dalyvauti procese
- pateikti savo pasirinkimus tarpiniuose etapuose.

Toliau, kaip pagrindinį elementą modelio duomenų įvedimo ir skaičiavimo schemai, pasirinktas daugiapakopis daugiatislis sprendimų sintezės, remiantis priimamo sprendimo sėkmės (PSS2) kriterijumi, daugiakriterinių sprendimų sintezės (DSS1) metodas (Šarka, 2000).

3.4.1. Variantų rangavimas, taikant projektų daugiatikslių sprendimų sintezės, remiantis priimamo sprendimo sėkmės kriterijumi metodą (DSS1)

DSS1 metodo esmė – kelių tarpusavyje susijusių techninių sprendimų, kiekvienu etapu atrenkant tik po dvi pagal nustatytuosius parametrus (arba daugiau, tik metodo vartotojui papildomai nustačius) geriausius variantus, sintezė. Šis metodas suteikia galimybę kiekvienoje vykdomo sprendimo pakopoje sprendimo metu atmesti neracionalius sprendinius ir neįtraukti jų į galutinę sintetinamų variantų prioritetų eilutę

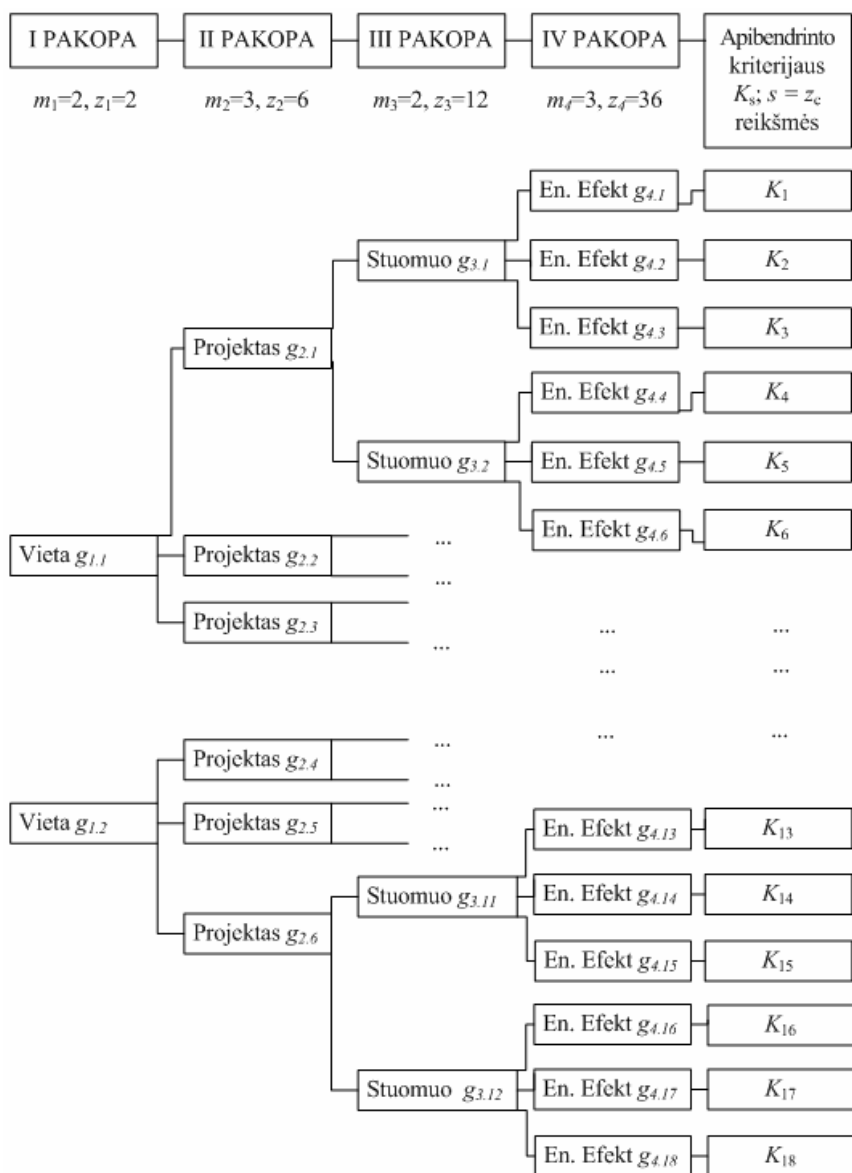
Vartotojui pateikiamas racionalus ir aiškus rezultatas apie nagrinėjamą uždavinį, sudarytą iš kelių statybos procesų ar projektų. Sprendimo metu formuojamas sprendimų medis (SM) (3.4 pav.). Šiuo atveju pasirinktas keturių sprendimo etapų sprendimo modelis.

Šio metodo galimybė suteikti vartotojui daugiau laisvės yra vienas pagrindinių argumentų naudoti DSS1 priimant sprendimą siūlomų modelių.

DSS1 METODO MODELIO STRUKTŪRA (Šarka 2000). Sintežės sprendimas DSS1 metodu vykdomas 3 etapais, kurių kiekvienas suskaidomas į smulkesnius veiksmus.

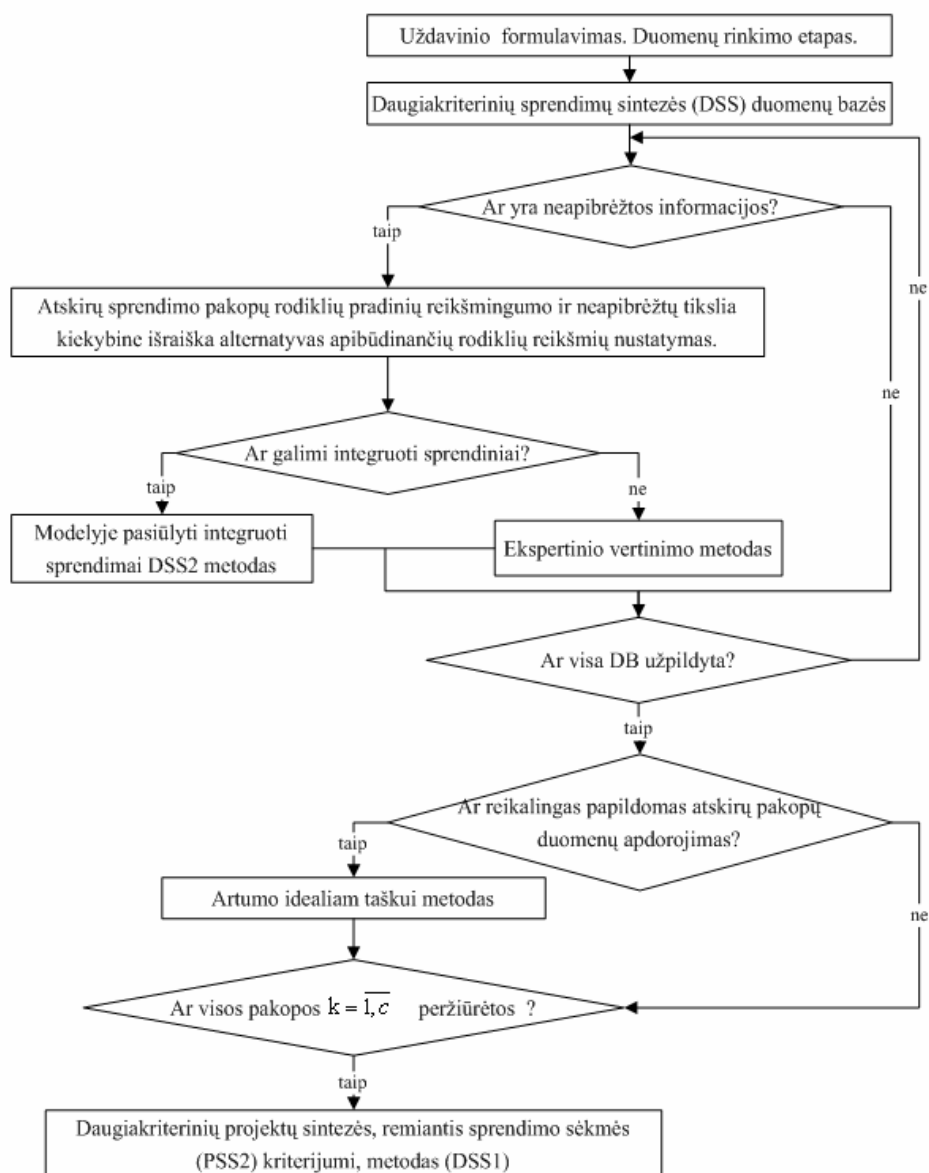
I sprendimo etapas skirtas uždaviniui formuluoti bei parengti darbui duomenų bazės struktūrą (DBS) (3.5 pav.) (Šarka 2000).

Uždavinio formulavimą lemia sprendimo pakopų $k = \overline{1, c}$ formavimas. Kiekviena pakopa skirta įtraukti į nagrinėjamą uždavinį vienai iš statybos procesus ar projektus apibūdinančiai duomenų lentelei. Pakopų skaičių c lemia nagrinėjamo uždavinio sudėtingumo lygis bei numatomų nagrinėti pakopų turimų variantų skaičius. Tai yra daugiausia dėmesio, puikių ekspertinių žinių reikalaujantis bei imliausias darbui etapas. Nuo to, ar tikslingai bus surinktos uždavinyje nagrinėjamų atskirų pakopų variantus apibūdinančių rodiklių reikšmės, jų pradiniai reikšmingumai, užpildytos ir variantus jungiančios bendram darbui ryšio lentelės, priklauso tolesnis sprendžiamo uždavinio galutinio rezultato efektyvumas.



3.4 pav. Daugiatikslių sprendimų sintezės metodais sukurto sprendimų medis (SM) (sprendimo pakopų skaičius $c=4$)

Fig. 3.4. A decision tree created by Multicriteria decision synthesis method



3.5 pav. Pirmas sprendimo etapas
Fig. 3.5. The first stage of the decision

Taigi šiuo etapu toliau atliekami šie veiksmai:

- Investicinio procesų ir projektų sudėtinių dalių, projektų sistemo techninio įvertinimo (PSĮ) duomenų lentelių šifrų sudarymas $k = \overline{1, c}$ sprendimo pakopoms (A lentelė);
- investicinių procesų ir projektų sudėtinių dalių, PSĮ duomenų lenteles apibūdinančių rodiklių grupių šifrų sudarymas $k = \overline{1, c}$ sprendimo pakopoms (B lentelė);
- investicinių procesų ir projektų sudėtinių dalių ryšio lentelių šifrų generavimas (R matrica);
- investicinių procesų ir projektų sudėtinės dalis aprašančių rodiklių k -tajai pakopai sistemos sudarymas (B_k lentelė);
- PSĮ duomenų lenteles užpildančių variantų sistemos k -tajai pakopai sudarymas (V_k lentelė);
- PSĮ k -tosios pakopos, pagal rodiklių sistemą B_k , duomenų lentelės, $\forall ij$; $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$ sudarymas;
- PSĮ lentelių variantų sistemų V_l ir V_d ryšio matricos $R_{l,d} = [r_i(l), h(d)]$, $\forall ih$; $i = \overline{1, m(l)}$, $h = \overline{1, m(d)}$, $i \neq h$ sudarymas.

Atlikus visus išnagrinėtus veiksmus DBS yra laikoma parengta darbui, sprendimą atliekant daugiataksių sprendimų sintezės DSS1 metodu.

II sprendimo etapas skirtas apdoroti gyvenimo kokybę apibūdinančias duomenų lenteles atskirai (3.6 pav.) ($A_1, A_2, \dots, A_c$ PSĮ duomenų lentelės) ir parengti jas tolesniam sprendimui. Sprendimas vykdomas pakopomis. Tarkime, vykdomė sprendimą k -tajai sprendimo pakopai $k = \overline{1, c}$, čia c – sprendimo pakopų (duomenų lentelių) skaičius. Kiekviena pakopa nusako sistemos veiksmus su viena šiai pakopai skirta pagrindine duomenų lentele (A_k) bei pagalbinėmis lentelėmis, tokiomis kaip ekspertinio įvertinimo, porinio lyginimo. Plačiau apie šiuos metodus žr. Šarkos, Zavadsko, Ustinovičiaus (2000) publikacijoje. II sprendimo etapas (3.7 pav.) (Šarka 2000) susideda iš šių veiksmų:

- PSĮ k -tosios pakopos pradinio duomenų peržiūra ir sprendimų priėmimo matricos P , remiantis PSĮ duomenų lentele A_k , sudarymas;
- rodiklių pradinio reikšmingumo k -tajai pakopai nustatymas, taikant ekspertinį metodą. Prioritetinei eilutei nustatyti taikomas artumo idealiajam taškui metodas (Yoon, Hwang 1981), kuriame siūloma pagal galimybę naudoti pradinius rodiklių reikšmingumus. Sintezės metode taikant artumo idealiajam taškui metodą, skirtingų pakopų dalyvavimas sprendimo priėmimo procese dėl nemažos įtakos sprendimui sukelia būsimų rezultatų diferenciacijos būtinumą. Kaip vieną iš priemonių pasiekti šią diferenciaciją ir yra siūloma artumo idealiajam taškui

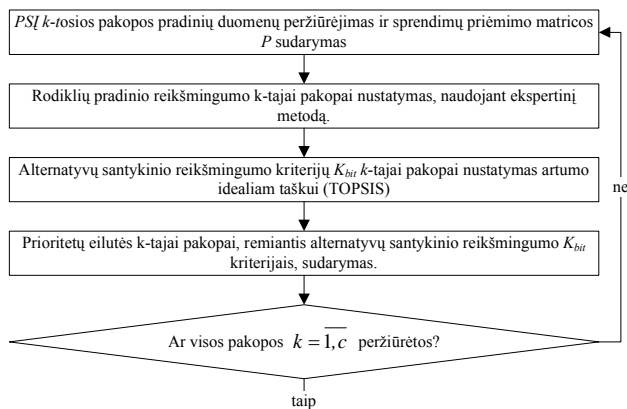
PSĮ duomenų lentelių šifrai (A lentelė)		Gyvenimo kokybės vertinimo sudėtinių dalių rodiklių lentelių šifrai (B lentelė)		Gyvenimo kokybės vertinimo sudėtinių dalių ryšio lentelių šifrai (R matrica)						
Lent. kodas	Duomenų lentelės pavadinimas	Lent. kodas	Rodiklių lentelės pavadinimas	Lent. kodas	Duomenų lentelės šifras					
A_1	Vieta	B_1	Vieta	A_1	A_1	A_2	...	A_k	...	A_c
A_2	Projektas	B_2	Projektas	A_2	–	–	...	$R_{1,k}$	...	$R_{1,c}$
...	...	...	...	...	...	...	–	...	...	...
A_k	Stuomuo	B_k	Stuomuo	A_k	–	–	–	–	...	$R_{k,c}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	–	...
A_c	Energetinis efektyvumas	B_c	Energetinis efektyvumas	A_c	–	–	...	–	...	–

Lentelės apibūdinanti rodiklių sistema (B_0 matrica)										
Rodiklių lentelių kodas	Rodiklio kodas	Rodiklio numeris	Rodiklio pavadinimas	Pinigai ar ne	Matavimo vienetai	Minimizuoti ar maksimizuoti	Pradinis reišmin-gumas	Kokybinis ar kiekybinis	Minimalus pradinis reikšm.	Maksimalus pradinis reikšm.
B_1	Rod_{11}	b_{num11}	b_{pav11}	b_{pin11}	b_{mat11}	b_{mima11}	b_{prad11}	b_{kok11}	b_{min11}	b_{max11}
B_1	Rod_{21}	b_{num21}	b_{pav21}	b_{pin21}	b_{mat21}	b_{mima21}	b_{prad21}	b_{kok21}	b_{min21}	b_{max21}
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
wB_1	Rod_{n1}	$b_{num\ n1}$	$b_{pav\ n1}$	$b_{pin\ n1}$	$b_{mat\ n1}$	$b_{mima\ n1}$	$b_{prad\ n1}$	$b_{kok\ n1}$	$b_{min\ n1}$	$b_{max\ n1}$
B_2	Rod_{12}	b_{num12}	b_{pav12}	b_{pin12}	b_{mat12}	b_{mima12}	b_{prad12}	b_{kok12}	b_{min12}	b_{max12}
B_2	Rod_{22}	b_{num22}	b_{pav22}	b_{pin22}	b_{mat22}	b_{mima22}	b_{prad22}	b_{kok22}	b_{min22}	b_{max22}
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
B_2	Rod_{n2}	$b_{num\ n2}$	$b_{pav\ n2}$	$b_{pin\ n2}$	$b_{mat\ n2}$	$b_{mima\ n2}$	$b_{prad\ n2}$	$b_{kok\ n2}$	$b_{min\ n2}$	$b_{max\ n2}$
B_c	Rod_{1c}	$b_{num\ 1c}$	$b_{pav\ 1c}$	$b_{pin\ 1c}$	$b_{mat\ 1c}$	$b_{mima\ 1c}$	$b_{prad\ 1c}$	$b_{kok\ 1c}$	$b_{min\ 1c}$	$b_{max\ 1c}$
B_c	Rod_{2c}	$b_{num\ 2c}$	$b_{pav\ 2c}$	$b_{pin\ 2c}$	$b_{mat\ 2c}$	$b_{mima\ 2c}$	$b_{prad\ 2c}$	$b_{kok\ 2c}$	$b_{min\ 2c}$	$b_{max\ 2c}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
B_c	Rod_{nc}	$b_{num\ nc}$	$b_{pav\ nc}$	$b_{pin\ nc}$	$b_{mat\ nc}$	$b_{mima\ nc}$	$b_{prad\ nc}$	$b_{kok\ nc}$	$b_{min\ nc}$	$b_{max\ nc}$

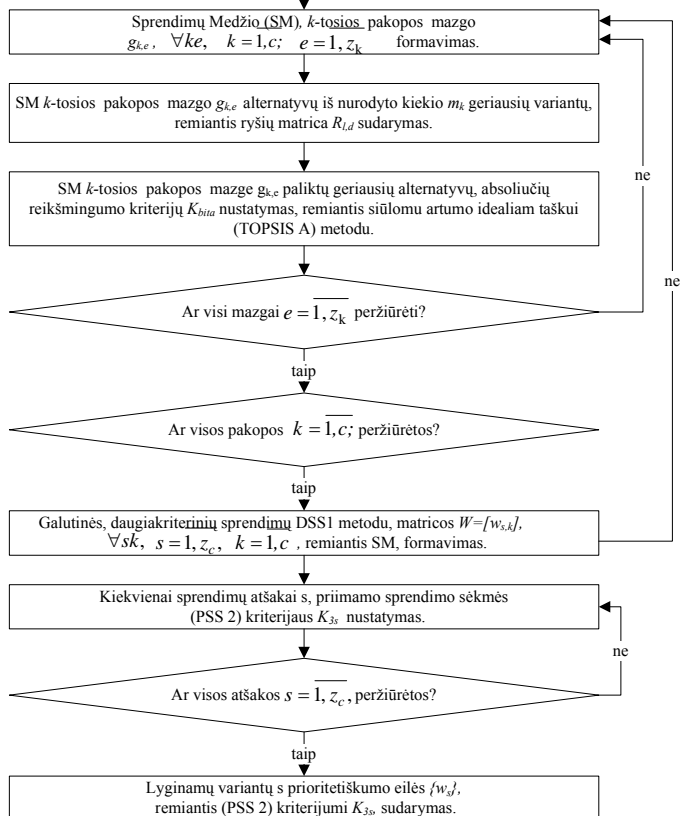
Duomenų lentelės sudarančių variantų sistema (V matrica)				
Duomenų lentelės kodas	Varianto kodas	Varianto pavadinimas	Trumpas varianto aprašymas	Grafinio vaizdo nuoroda į diską
A_1	Var_{11}	v_{pav11}	v_{apr11}	v_{gra11}
A_1	Var_{21}	v_{pav21}	v_{apr21}	v_{gra21}
...	...	...	...	...
A_1	Var_{m1}	$v_{pav\ m1}$	$v_{apr\ m1}$	$v_{gra\ m1}$
A_2	Var_{12}	v_{pav12}	v_{apr12}	v_{gra12}
A_2	Var_{22}	v_{pav22}	v_{apr22}	v_{gra22}
...	...	...	...	...
A_2	Var_{m2}	$v_{pav\ m2}$	$v_{apr\ m2}$	$v_{gra\ m2}$
A_c	Var_{1c}	v_{pav1c}	v_{apr1c}	v_{gra1c}
A_c	Var_{2c}	v_{pav2c}	v_{apr2c}	v_{gra2c}
...	...	...	...	...
A_c	Var_{mc}	$v_{pav\ mc}$	$v_{apr\ mc}$	$v_{gra\ mc}$

3.6 pav. Pirmojo sprendimo etapo metu formuojama duomenų struktūra
Fig. 3.6. Creation of data structure at first stage of the decision

II ETAPAS



III ETAPAS



3.7 pav. Variantų rangų nustatymo taikant, projektų sintezės DSS1 metodą, blokinė schema

Fig. 3.7. Ranking of options by means of projects DSS1 fusion method block diagram

metode naudoti rodiklių pradinio reikšmingumo koeficientą. Pradiniams rodiklių reikšmingumams nustatyti siūloma taikyti ekspertinį pradinio reikšmingumo nustatymo metodą (Šarka, Zavadskas, Ustinovičius 2000);

- alternatyvų santykinio reikšmingumo kriterijų K_{bit} eilė k -tajai pakopai nustatoma artumo idealiajam taškui metodu. Norint jungti bendram darbui tik mazge $g_{k,e}$ paliekamų m_k geriausių variantų skaičių, reikia sudaryti pagal santykinio reikšmingumo kriterijus K_{bit} nustatytą pradinę variantų prioritetų eilutę. Pažymėtina, kad šiuo etapu skaičiuoti naudojamą sprendimų priėmimo matricą $\mathbf{P}$, pavertus į normalizuotą sprendimų priėmimo matricą $\bar{\mathbf{P}}$, reikia padauginti iš rodiklių pradinio reikšmingumo vektoriaus $\bar{\mathbf{P}}^* = [\bar{\mathbf{P}}][q_k]$. Skaičiavimus atlikus artumo idealiajam taškui metodu, gaunamas rezultatas;
- pradinės prioritetų eilutės k -tajai pakopai, remiantis variantų santykinio reikšmingumo K_{bit} kriterijais, sudarymas. Sudaroma santykinė variantų prioritetiškumo eilė k -tajai pakopai:

$$\{\bar{a}_k\} = \{a_5 \succ a_2 \succ a_m \succ \dots \succ a_i \succ \dots \succ a_7\}, \quad (3.1)$$

Taigi sudarius santykinės variantų prioritetiškumo eilutes visoms $k = \overline{1, c}$ pakopoms, čia c – sprendimo pakopų skaičius, II etapas baigiamas.

III sprendimo etapas (3.7 pav.). Šiuo etapu vykdoma daugiakriterinė variantų sintezė. Sprendimas čia taip pat vykdomas pakopomis. Kaip papildomas sprendimo elementas, kiekviena pakopa k sudaroma iš tam tikro skaičiaus mazgų z_k . Kiekviename šio etapo k -tosios pakopos sprendžiamame mazge z_k paliekamas vartotojo nustatytas m_k variantų skaičius, tačiau, kaip jau buvo minėta, $m_k > 1$ ir $m_k \leq m$. Vykdamas sprendimą k -tosios pakopos mazguose, sistema, remdamasi ryšių matricų $R_{l,d}$ (3.6 pav.) ir anksčiau sprendžiant nagrinėtų pakopų nuo 1 iki $k-1$ duomenimis bei sprendžiant k -tojoje pakopoje paliekamų variantų m_k , atlieka galimų k -tojoje pakopoje palikti alternatyvių variantų analizę ir išrenka racionalius m_k variantus tolesniam sprendimui. Kartu atliekama paliekamų variantų sintezė ir formuojamas sprendimų medis (SM) (3.5 pav.), gaunant s galimų sprendimo variantų. Galutinėje sprendimo stadijoje suformuoti SM variantai w_s , $s = \overline{1, z_c}$, nustatomos gautų variantų priimamo sprendimo sėkmės (PSS 2) (Šarka *et al.* 2000) kriterijų K_{3s} reikšmės. Remiantis kriterijaus K_{3s} reikšmėmis, sintetinami variantai išrikiuojami į prioritetinę eilutę. Toliau detaliau apžvelgiama šiuo etapu vykdomų veiksmų ypatumai:

- sprendimų medžio (SM) k -tosios pakopos mazgo $g_{k,e}$, $\forall k \in \overline{1,c}$, $e = \overline{1,z_k}$ formavimas, čia z_k yra k -tosios pakopos mazgų skaičius nustatomas pagal formulę:

$$z_k = (z_{k-1} * m_k); \forall k, k \in \overline{2,c}, z_1 = m_1, \quad (3.2)$$

- bendras sprendime dalyvaujančių sudaromų mazgų skaičiaus z nustatomas pagal formulę:

$$z = \sum_{k=1}^c z_k, \quad (3.3)$$

- SM k -tosios pakopos mazgo $g_{k,e}$ variantų iš nurodyto kiekio nagrinėjamos k -tosios pakopos m_k geriausių variantų, remiantis ryšių matrica $R_{l,d}$, sudarymas. Čia vyksta dviejų arba daugiau vartotojo nurodytų geriausių variantų atranka. Atranka vykdoma iš i variantų ($i \in \overline{1,m}$), čia m yra k -tosios pakopos variantų skaičius pagal j šiuos variantus apibūdinančių kriterijų ($j \in \overline{1,n}$), čia n yra k -tosios pakopos variantus apibūdinančių kriterijų skaičius;
- SM k -tosios pakopos mazge $g_{k,e}$ paliktų geriausių variantų, absoliučių reikšmingumo kriterijų K_{bita} nustatymas, remiantis siūlomu absoliutaus artumo idealiajam taškui (TOPSIS_A) metodu. Šio metodo aprašymas pateikiamas Šarkos publikacijoje (2000);
- atlikus papildomus skaičiavimus ir nustačius visų SM k -tosios pakopos mazge $g_{k,e}$ paliekamų variantų absoliučius tarpusavio ryšius K_{bita} , pereinama prie kitos pakopos k , kartu sintetinant gretimų, prieš tai nagrinėtų nuo 1 iki k pakopų mazgus. Sintezė, jungiant nagrinėjamose pakopose paliktus variantus į bendrus sprendinius, atliekama naudojantis ryšio lentelėmis, atsižvelgiant į tai, kurie variantai buvo išrinkti tuo etapu, taip pat derinant prieš tai buvusių etapų, jeigu tai yra ne pirmas sprendimo etapas. Kiekvienam paliktam mazgui (variantui) generuojama sprendimų šaka naudojantis ryšių lentelės $R_{l,d}$, čia $l = \overline{1,k-1}$ ir $d = \overline{2,k}$ generuojami numeriai pakopų, kurioms konkrečiai sudaryta ryšių lentelė, automatiškai prijungiant kito etapo du geriausius variantus arba pagal vartotojo nurodytą paliekamą geriausių variantų skaičių. Tokiu būdu galutinai suformuojamas sprendimo medis (SM) (3.5 pav.);

- galutinės daugiatikslių sprendimų sintezės DSS1 metodo sprendimų priėmimo matricos $W=[w_{s,k}]$, $\forall sk$; $s=\overline{1,z_c}$, $k=\overline{1,c}$, remiantis SM, formavimas. Pagal SM šakas $s=\overline{1,z_c}$ suformuojama galutinė sprendimo priėmimo matrica W . Kiekviena šios matricos eilutė s atspindi sintezės metodu į bendrą sistemą sujungtų, iš $k=\overline{1,c}$ pakopose nagrinėjamų atskirų gyvenimo kokybės racionalių variantų sudarytą ir galutiniam sprendimui parengtą sintezės variantą;
- kiekvienai sprendimų atšakai $s=\overline{1,z_c}$ priimamo sprendimo sėkmės (PSS2) kriterijaus K_{3s} nustatymas pagal formulę (Šarka *et al.* 2000):

$$K_{3s} = \max \prod_{k=1}^c w_{s,k}, \quad \forall sk; \quad s=\overline{1,z_c}, \quad k=\overline{1,c}, \quad (3.4)$$

čia s – sintetinių viso sprendimo medžio šakų skaičius. Atliekama variantų sintezė pagal kriterijų K_{3s} , kur laukiamas rezultatas $\{w_s\} \in W$;

- SM k -tosios pakopos mazgo $g_{k,e}$ variantų iš nurodyto skaičiaus nagrinėjamos k -tosios pakopos m_k geriausių variantų, remiantis ryšių matrica $R_{l,d}$, sudarymas. Čia vyksta dviejų arba daugiau geriausių variantų, nurodytų naudotojo, atranka. Atliekama iš i variantų atranka ($i=\overline{1,m}$), čia m – k -tosios pakopos variantų skaičius, pagal j šiuos variantus apibūdinančių kriterijų ($j=\overline{1,n}$), n – k -tosios pakopos variantų apibūdinančių kriterijų skaičius;
- lyginamų variantų s rangavimo eilės $\{w_s\}$, remiantis (PSS2) kriterijumi K_{3s} , sudarymas. Remiantis sąlyga, kad racionalus variantas $(w_s, s=\overline{1,z_c})$ yra tas, kurio kriterijaus K_{3s} reikšmė yra didžiausia, ir suskaičiuotomis K_{3s} reikšmėmis sudaroma galutinė prioritetų eilutė

$$\{w_s\} = \{w_1 \succ w_2 \succ w_3 \succ \dots \succ w_s \succ \dots \succ w_{z_c}\}, \quad (3.5)$$

- čia z_c – šakų, variantų sintezės metu skaičius. Sprendimų medžio (SM) kiekvienos atšakos s priimamo sprendimo sėkmės K_{3s} kriterijaus medžio fragmentas parodytas 3.5 pav.

Taigi apibendrinant aprašytą projektų sintezės, remiantis priimamo sprendimo sėkmės (PSS2) kriterijumi, metodą (DSS1) galima teigti, kad šis metodas skirtas stambiems projektams, apibūdinamiems įvairiais uždaviniais, turinčiais skirtingas rodiklių sistemas, bei variantus aprašančiomis ryšio lentelėmis, įvertinti.

3.4.2. Efektyvių investavimo sprendimų statybos versle modelio sprendimo bazės bendros schemos sudarymas

Efektyvių investavimo sprendimų statybos versle modelio sprendimo struktūra (3.5 pav.) pagrįsta sprendimų paramos sistemos, taikant daugiakriterinius sintezės metodus (SPS_DS) statyboje, struktūra (Šarka 2000). Darbo pradžioje formuluojamos problemos ir renkami pradiniai duomenys.

Toliau atliekama pradinių duomenų apdorojimo ir trūkstamų pradinių duomenų, atskirų sprendimo pakopų rodiklių pradinių reikšmingumo ir neapibrėžtų tikslia kiekybine išraiška variantus apibūdinančių rodiklių reikšmių nustatymo procedūra.

Čia pasiūlyti kelių rodiklių integruoti sprendiniai. Integruoti sprendiniai nusako tam tikrų variantų išankstinį vertinimą, kurį atlieka kompetentingi ekspertai. Šie sprendiniai apima rodiklių vertinimo variantus nagrinėjant procesus apibūdinančius variantus.

Užpildžius duomenų bazės struktūrą (3.5 pav.), tolesnis sprendimas vykdomas atsižvelgiant į tai, ar reikia atlikti pagalbinius skaičiavimus tarpinėse pakopose, ar ne. Jeigu šie skaičiavimai reikalingi, šiam tikslui pasirinktas absoliutaus artumo idealiajam taškui metodas TOPSIS A. Informacija apie artumo idealiajam taškui metodą bei šiuo metodu išspręstų realių pavyzdžių rasta keliuose literatūros šaltiniuose (Šarka *et al.* 2000).

Kadangi informacija, parengta sprendimui priimti, yra įvairi, sudaryta iš įvairių tipų rodiklių sistemos (kiekybinių ir kokybinių, piniginių ir nepiniginių, išreikštų skirtingais matavimo vienetais), sprendimui priimti rekomenduojamas DSS1 sintezės metodas. Darbe naudojamų metodų kombinacija užprogramuota SPS_DS kompiuteriniame modelyje (Šarka 2000).

Pasirinktų rodiklių reikšmingumui nustatyti buvo apklausiami ekspertai (statybos srities specialistai). Remdamiesi savo patirtimi, žiniomis ir intuicija jie turėjo surikiuoti daugiatikslio vertinimo rodiklius pagal reikšmingumą. Maksimaliai reikšmingam daugiatikslio vertinimo rodikliui priskiriama 6 reikšmė, o nereikšmingiausiam rodikliui – 1 reikšmė. Visiems kitiems daugiatikslio vertinimo rodikliams priskiriamos tarpinės reikšmės, priklausomai nuo jų svarbos.

3.4.3. Matematinio modeliavimo metodo principai

Investicinio projekto efektyvumo rizikų nustatymui pasirinktas modeliavimo metodas (Ustinovičius 2003; Ustinovičius ir Šarkienė 2006). Toliau pateiktas siūlomas matematinis modelis, nustatantis investicinio vienbučių gyvenamųjų namų investavimo proceso efektyvumą (sklypo pirkimui, statybai ir pardavimui).

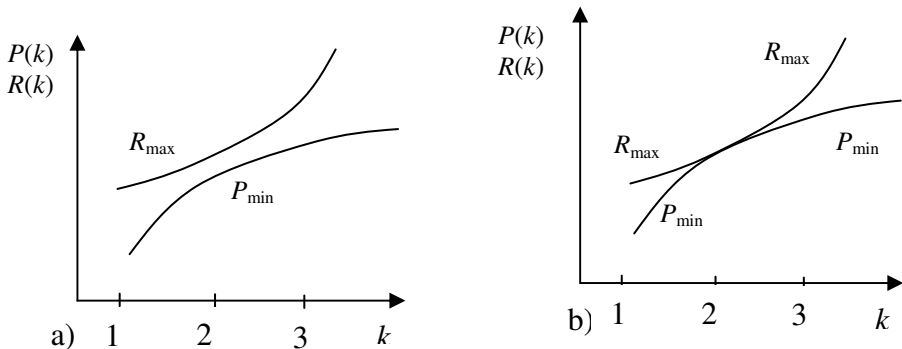
Žymenys. k – energinė klasė; $k = 1, 2, 3, \dots (k \in N)$; $P(k)$ – parduodamo gyvenamojo namo kaina; r – dislokacijos vietos; $P_{\min}(k)$, $P_{\max}(k)$ – minimali ir maksimali vienbučio gyvenamojo namo pardavimo kaina; $R_{\min}(k)$, $R_{\max}(k)$ – minimali ir maksimali energinio efektyvumo priemonių diegimo kaina (įskaitant pastato statybos kainą); $\bar{P}(k)$, $\bar{R}(k)$ – atitinkamai vidutinės kainos:

$$\bar{P}(k) = \frac{P_{\min}(k) + P_{\max}(k)}{2}, \quad (3.6)$$

$$\bar{R}(k) = \frac{R_{\min}(k) + R_{\max}(k)}{2}, \quad (3.7)$$

Remiantis statistiniais duomenimis $P_{\min}(k)$, $P_{\max}(k)$, $R_{\min}(k)$, $R_{\max}(k)$, čia $k = k_{\min}, k_{\min} + 1, \dots, k_{\max}$ (mūsų atveju $k = 1, 2, 3$) išskiriami interpoliaciniai $n = k_{\max} - k_{\min}$ laipsnio daugianariai (šiuo atveju antrojo laipsnio parabolė $n = 3 - 1 = 2$), kurie užrašomi $a_n k^n + a_{n-1} k^{n-1} + \dots + a_1 k + a_0$ pavidalu visiems priklausiniams $P_{\min}(k)$, $P_{\max}(k)$, $\bar{P}(k)$, $R_{\min}(k)$, $R_{\max}(k)$, $\bar{R}(k)$, čia kintamasis k kinta ne diskrečiai, o tolydžiai: $k_{\min} \leq k \leq k_{\max}$. Ši aibė žymima K .

Investicinių įvairių lygių rizikos zonų nustatymas. Šios zonos gali būti klasifikuojamos kaip nerizikinga zona, normalios rizikos investicinė zona, padidinto rizikingumo zona, nuostolingų investicijų zona. Šios zonos toliau nagrinėjamos detaliau.



3.8 pav. Tuščiosios aibės pavyzdys
Fig. 3.8. Running population sample

Nerizikinga investicinė zona. Tai zona, kur minimali pastato pardavimo kaina $P_{\min}(k)$ yra aukštesnė už įdiegtų energinio efektyvumo priemonių maksimalią kainą $R_{\max}(k)$ (įskaitant pradinę pastato stuomens kainą), t. y. surandama k reikšmių K_+ aibė, tenkinančių šią nelygybę, $P_{\min}(k) - R_{\max}(k) > 0$. Ši aibė gali būti tuščioji $\emptyset$ (3.8 pav., a, b) arba atskirų intervalų iš $k \in [k_{\min}, k_{\max}]$ (3.9 a, b, c, d, e pav.) junginys.

Nerizikingos zonos K_+ nustatymo algoritmas. Nagrinėjama algoritmą sudaro šie etapai:

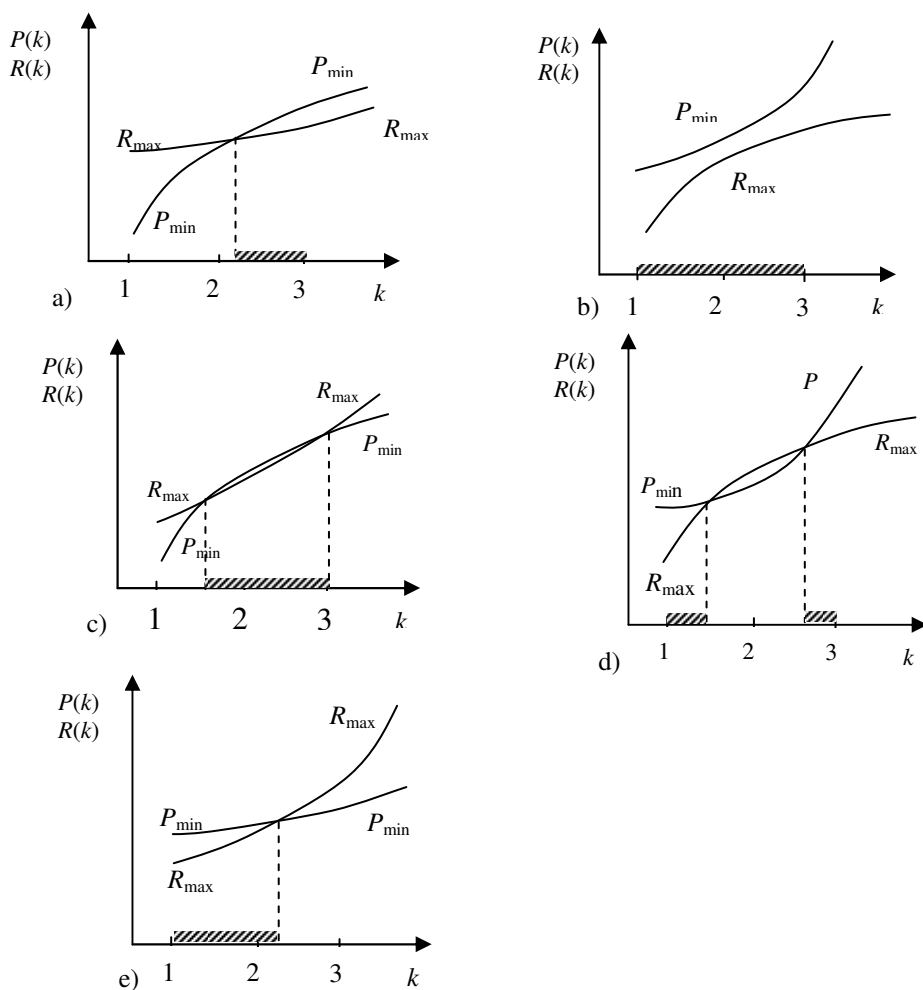
3. Nustatomos daugianario $P_{\min}(k) - R_{\max}(k) = 0$ realios šaknys $K_1 < K_2 < K_l$ ($l \leq n$), priklausančios atkarpai $[K_{\min}, K_{\max}]$: $K_i \in [K_{\min}, K_{\max}]$, $i = 1, \dots, l$.
4. Visuose intervaluose $(K_{\min}, K_1)$, (K_1, K_2) , ..., $(K_l, K_{\max})$ nustatomi $P_{\min}(k) - R_{\max}(k)$ skirtumo ženklai. Įvertinant $P_{\min}(k) - R_{\max}(k)$ funkcijos tolydumą, pakanka nustatyti ženklą, t. y. suskaičiuoti išraiškos reikšmę viename kiekvieno intervalo taške.
5. Iš gautų intervalų išrenkami tie, kurių $P_{\min}(k) - R_{\max}(k)$ skirtumas teigiamas (jeigu tokie intervalai egzistuoja). Tai ir yra aibė K_+ .

Jeigu dauguma K_+ sutampa su atkarpa $[K_{\min}, K_{\max}]$, tai tuo atveju visas intervalas $K_{\min} \leq K \leq K_{\max}$ yra nerizikinga investicinė zona, ir kitų zonų paieška nebevykdoma.

Normalios rizikos investicinė zona K_- . Tai zona $\bar{K}$, kurioje vidutinė pardavimo kaina $\bar{P}(k)$ aukštesnė už vidutinę įdiegtų energinio efektyvumo priemonių (įskaitant pradinę pastato stuomens kainą) $\bar{R}(k)$, išskyrus investicijų be rizikos zoną K_+ : $K_- = \bar{K} \setminus K_+$. Konkretus atvejis analogiškai 3.8, 3.9 paveikslams. Vienas iš galimų variantų pateiktas 3.10 pav.

Zonos K_- nustatymo algoritmas. Nagrinėjama algoritmą sudaro tokie etapai:

1. Nustatomos realios daugianario $\bar{P}(k) - \bar{R}(k) = 0$ šaknys $\bar{K}_1 < \bar{K}_2 < \bar{K}_m$ ($m \leq n$), priklausančios atkarpai $[K_{\min}, K_{\max}]$: $\bar{K}_j \in [K_{\min}, K_{\max}]$, $j = 1, \dots, m$.
2. Visuose intervaluose $(K_{\min}, \bar{K}_1)$, $(\bar{K}_1, \bar{K}_2)$, ..., $(\bar{K}_m, K_{\max})$ nustatomi $\bar{P}(k) - \bar{R}(k)$ skirtumo ženklai, t. y. išskiriami skirtumo ženklai bent viename kiekvieno intervalo taške.



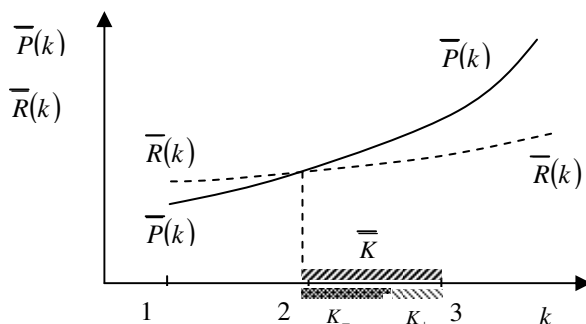
3.9 pav. Atskirų zonų nustatymo pavyzdžiai

Fig. 3.9. Examples of individual zones

3. Iš gautų intervalų išrenkami tie, kurių $\bar{P}(k) - \bar{R}(k)$ skirtumas teigiamas. Tai ir yra zona $\bar{K}$.
4. Iš intervalų $\bar{K}$ zonos išskiriami bendri K_+ zonos intervalai, t. y. randamas $K_- = \bar{K} \setminus K_+$ (3.10 pav.).

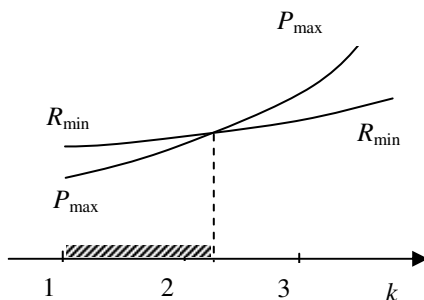
Jeigu zona $\bar{K}$ sutampa su visu intervalu $K_{\min} \leq K \leq K_{\max}$, tai kitų investicinių zonų paieška nebevykdoma.

Padidinto rizikingumo zona K_0 ir nuostolingų investicijų zona K_- . Šios dvi zonos nustatomos vienu metu arba pradžioje surandama K_- zona, o paskui K_0 zona.



3.10 pav. Normalios (minimalios) rizikos investicinės zonos išdėstymo pavyzdys

Fig. 3.10. Normal (minimum) risk investment zone layout model



3.11 pav. Nuostolingų investicijų zonos nustatymo pavyzdys

Fig. 3.11. Loss-making investments in establishment of the zone model

Nuostolingų investicijų zona K_- (jeigu tokia egzistuoja) – tai zona, kur maksimali pastato pardavimo kaina $P_{\max}(k)$ žemesnė už minimalią energijos taupymo priemonių kainą (įskaitant statybos kainą) $R_{\min}$ (3.11 pav.).

K_- zonos radimo algoritmas analogiškas K_+ zonos nustatymui: tai intervalai, kur $R_{\min}(k) - P_{\max}(k)$ skirtumas teigiamas.

Padidintos investicijų rizikos K_0 zona – tai zona, kur vidutinė pastato pardavimo kaina $\bar{P}(k)$ yra žemesnė už vidutinę energiškai efektyvią kainą $\bar{R}(k)$. K_0 zona gali būti randama kaip viso intervalo $K = \{K_{\min} \leq K \leq K_{\max}\}$ ir anksčiau rastų aibių $K_0 = K \setminus (K_+ \cup K_- \cup K_0)$ skirtumas. K_0 aibė, kaip ir K_- , gali būti tuščioji aibė $\emptyset$.

Ši zona K_0 gali būti apibrėžta ir analogiškai K_- zonos radimui nustatomi intervalai, kur $\bar{P}(k) - \bar{R}(k)$ skirtumas neigiamas, ir iš gautų intervalų išskiriama aibė K_- (o galbūt ir anksčiau apibrėžtos aibės K_+ ir K_-).

3.4.4. Ekspertinis metodas

Ekspertinių metodų teorijos ir praktinio pritaikymo klausimai nagrinėti daugelio mokslininkų darbuose (Бешелев и Гурвич 1980; Zavadskas ir Vaigauskas 1985). Todėl toliau bus nagrinėjamas tik ekspertinių metodų taikymas, nustatant rodiklių svarbos reikšmes, be kurių sunku realiai įvertinti projektus.

Pirmasis bus nagrinėjamas ekspertinio įvertinimo metodas. Ekspertinio metodo blokinė schema pateikta 3.12 paveiksle. Atlikus ekspertizę, gauti t_{jk} vertinimų rinkiniai apdorojami statistiškai. Šiuo atveju vidutinė kriterijaus įvertinimo reikšmė $\bar{t}_j$ nustatoma pagal formules:

$$\bar{t}_j = \frac{\sum_{k=1}^r w_k t_{jk}}{\sum_{k=1}^r w_k}, \quad (3.8)$$

arba

$$\bar{t}_j = \frac{\sum_{k=1}^r t_{jk}}{r}, \quad (3.9)$$

čia w_k – k eksperto autoriteto koeficientas; t_{jk} – k eksperto atliktas j rodiklio įvertinimas; r – ekspertų skaičius.

Ekspertizės patikimumą apibūdina variacija:

$$\beta_j = \sigma : \bar{t}_j, \quad (3.10)$$

čia σ – vidutinė kvadratinė ekspertinių įvertinimų sklaida, nustatoma pagal formulę:

$$\sigma^2 = \frac{1}{r-1} \sum_{k=1}^r (t_k - \bar{t}_j)^2, \quad (3.11)$$

čia σ^2 – ekspertinių įvertinimų dispersija.

Ekspertizės patikimumas išreiškiamas ekspertų nuomonių konkordacijos koeficientu, apibūdinančiu individualių nuomonių sutapimo laipsnį:

$$W = \frac{12S}{r^2(n^3 - n) - r \sum_{k=1}^r T_k}, \quad (3.12)$$

čia S – kiekvieno kriterijaus įvertinimo rezultatų nukrypimo kvadratų suma:

$$S = \sum_{j=1}^n \left[\sum_{k=1}^r t_{jk} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r t_{jk} \right]^2, \quad (3.13)$$

$$T_k = \sum_{l=1}^{H_l} (h_l^3 - h_l), \quad (3.14)$$

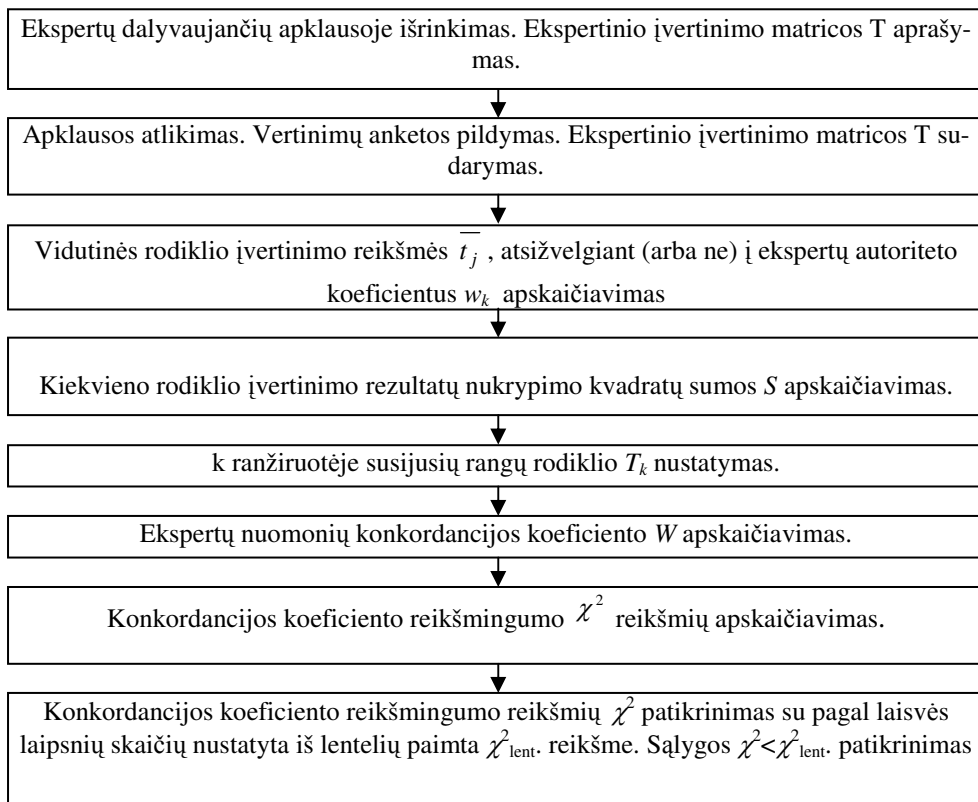
čia T_k – k ranžiruotėje susijusių rangų rodiklis; H_l – lygių rangų grupių skaičius k ranžiruotėje; h_l – lygių rangų, l susijusių rangų grupėje skaičius, įvertinant k ekspertui; t_{jk} – k eksperto j kriterijui priskiriamas rangas; r – ekspertų skaičius; n – įvertinamų kriterijų skaičius.

Jei nėra susijusių rangų, konkordancijos koeficientas nustatomas pagal formulę:

$$W = \frac{12S}{r^2(n^3 - n)}, \quad (3.15)$$

Konkordancijos koeficiento reikšmingumas nustatomas pagal formulę:

$$\chi^2 = \frac{12S}{rn(n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^r T_k} \cdot, \quad (3.16)$$



3.12. Ekspertinio metodo blokinė schema
3.12. Block scheme of expert method

Jei remiantis šia formule apskaičiuota χ^2 reikšmė didesnė nei χ^2_{lent} pagal lentelę, priklausanti nuo laisvės laipsnių skaičiaus bei nustatyto reikšmingumo lygio, ekspertų ranžiruočių hipotezė priimama. Kitaip, jei $\chi^2 < \chi^2_{lent}$, manoma, kad ekspertų nuomonės nesuderintos ir iš esmės skiriasi.

3.5. Trečiojo skyriaus išvados

1. Sukurtas originalus racionalaus vienbučių gyvenamųjų namų investicinio projekto parinkimo, įvertinant gyvenimo kokybę, architektūrinių sprendimų įtaką pastato gyvavimo cikle, modelis, taikant daugiatakslį sintezės DSS1 metodą.

2. Modelyje integruoti daugiatislio vertinimo ir matematinio modeliavimo metodai padeda priimti tinkamą sprendimą siekiant energinio efektyvumo, ekonominio naudingumo, gyvenimo kokybės bei racionalaus investicijų planavimo varianto užsakovo ir investuotojo bei rangovo atžvilgiu.
3. Parengti integruotų rodiklių vertinimo sprendimai minimizuoja informacijos neapibrėžtumą ir didina sprendimo patikimumą.

Vienbučio gyvenamojo namo Vilniuje investicinio projekto daugiatis vertinimas

Atsižvelgiant į susidariusią padėtį nuosavų vienbučių gyvenamųjų namų statybos rinkoje, kai neracionaliai yra paskirstomi statybose naudojami ištekliai, priimami nekompetentingi sprendimai, buvo sukurta šią rinką apibūdinanti daugiakriterinių sprendimų duomenų bazė.

Lietuvoje yra sukaupta nemaža analogiškų projektų įgyvendinimo patirtis, bet kiekvienos numatomos naujos statybos metu iškyla tie patys klausimai, susiję su vietos, projekto, pastato funkcinio sprendimo, tūrio, estetinio vaizdo, interjero dizaino, pagrindinio stuomens, išorinių sienų, vidinių pertvarų, langų, stogo efektyvaus sprendimo pasirinkimu. Visi šie klausimai yra susiję tarpusavyje ir dėlto vienodai svarbūs bendro efektyvaus sprendimo priėmimui (Šarka, 2000). Juos reikia nagrinėti kompleksškai, nors iki šiol dauguma statybos specialistų skiria nepakankamai dėmesio šiai problemai. Prieš pradedant statyti karkasinį, palengvinto mūro ar mūrinį pastatą, dar projektavimo stadijoje reikia numatyti ir suderinti pagrindinius statybos principus, kurie gali keistis atsižvelgiant į žmogaus skonį, finansines galimybes, statybos vietovę, bet visada yra svarbūs funkcinis, estetinis ir ekonominis atžvilgis.

4.1. Gyvenimo kokybė parenkant efektyvų vienbučio gyvenamojo namo Vilniuje investavimo variantą

Šiame skyriuje darbo pateikiamas realaus vienbučio gyvenamojo namo Vilniuje sprendimų parinkimo investavimo pradiniam etape pavyzdys. Čia atliekama būsimo šeiminingo poreikių ir galimybių analizė. Šiame etape yra pildoma anketa (A priedas). Tai pradinės informacijos reikalingos pirminiam įvertinimui analizės etapas.

Nustačius anketoje nurodytus parametrus, architektas įvertina naudotojo poreikius ir pildo modelyje pasiūlytos duomenų struktūros šablonus. Šiame etape pagal pateiktus anketoje duomenis yra atrenkami keli galimi esami projektų variantai. Čia reiktų pažymėti, kad darbe šioje stadijoje apsiribota tik esamų duomenų bazėje esančių projektų analize ir atitikimu žmogaus pageidavimus. Tolimesniuose tyrimuose reiktų numatyti galimybę įtraukti ir naujai projektuojamus objektus.

Taigi remiantis modelio struktūra (3.2 pav.) siūlomi projektai, kurie kituose modelio sprendimo etapuose bus pritaikomi konkrečiame sklype, bus parenkamas konstrukcinis sprendimas. Duomenys yra paimti iš konkrečių projektų, projektavimo firmų komercinių pasiūlymų, kuomet buvo sudaryti variantai (4.1 lentelė). Iš turimų duomenų efektyviausiam sprendimui gauti buvo parinkti kiekybiniai (projektavimo kaina, sąmatinė kaina, projekto terminai, pastato plotas, patalpų skaičius) ir kokybiniai (projektuotojo reitingas, projekto pateikimo kokybė, projektuojamo pastato funkcionalumas ir pastato estetiškas vaizdas) rodikliai (3.12 lentelė).

Parengus duomenų bazės struktūrą ir ją užpildžius vykdomas sprendimas. Sprendimui priimti pasitelkiamas sprendimų paramos sistemos, taikant daugiakriterinius sintezės metodus (SPS_DS) statyboje kompiuterinis modelis bei papildomai naudojant matematinio modeliavimo metodą.

4.1.1. Vietos sprendimo variantų parinkimas

Svarbią vietą gyvenamojo namo statybos procesuose užima statybai numatomos vietos parinkimas. Dauguma žmonių yra susidūrę su šio klausimo sprendimu. Vietos variantus apibūdinanti rodiklių sistema aprašyta 3.3.3. skyriuje. Kainos požiūriu čia bus vertinama žemės sklypo pirkimo kaina. Rekomenduojama kainos nustatymui taikyti diferencialinę metodiką, kuri priklausomai nuo vietos ir toje vietoje realiai įmanomo įsigyti sklypo dydžio. Pavyzdžiui, Vilniuje perkant sklypą aro kaina svyruoja nuo 12000 iki 150000 Lt/arą, o Taigi renkant sklypui vietą būtų neteisinga lyginti vienodo ploto sklypus. Nagrinėjamam uždaviniui pasirinktos šios siūlomų sklypų variantai:

Sklypas 1 – 10 arų sklypas Vilniaus mieste, Pylimėlių gatvėje. Yra elektros įvadas, dujos ir miesto vanduo. Jo kaina sudaro 524000 Lt. Iš trijų pusių ribojasi su gretimais sklypais, iš vienos pusės – miškas. Strateginė žemės sklypo padėtis gera, geras susisiekimas.

Sklypas 2 – 7 arų sklypas Vilniaus mieste, Baltupių mikrorajone. Yra visos miesto komunikacijos. Jo kaina yra 396000 Lt; Iš dviejų pusių ribojasi su gretimais sklypais, iš kitų dviejų – miškas. Sklypas akligatvio gale. Strateginė žemės sklypo padėtis gera, geras susisiekimas.

Sklypas 3 – 6,72 arų sodo sklypas Vilniaus mieste, Dvarčionyse. Yra vienfazis elektros įvadas ir miesto komunikacijos. Jo kaina yra 221000 Lt. Reljefas lygus. Strateginė žemės sklypo padėtis gera, prekybos centras toli, mokykla arti.

Sklypas 4 – 7,30 arų namų valdos Vilniaus mieste, Naujininkuose. Yra dalinės miesto komunikacijos. Jo kaina 150000 Lt. Sklypas lygioje vietoje. Strateginė žemės sklypo padėtis gera, prastas susisiekimas, arti mokykla, prekybos centras toli.

Inžinierinių komunikacijų, aplinkos, infrastruktūros reikšmės gauname nagrinėdami realius variantus. Čia pagal artimiausią integruoto sprendimo atitikimą realiam aprašymui priskiriama šio sprendimo reikšmė. Jeigu tokio sprendimo negalima pritaikyti rekomenduojama panaudoti ekspertinį metodą ir įvertinti realų variantą autorės siūlomų variantų kontekste (3.2 – 3.12 lentelės).

4.1 lentelėje pateiktos rodikliams priskirtos svarbos reikšmės bei vietos parinkimo variantų vertinimo rezultatai.

4.1 lentelė. Sklypo vietos parinkimo daugiatislio vertinimo variantai

Table 4.1. Local evaluation of options

Pavadinimas	Matas	Maks. /Min.	Svarbos reikšmės	Skl. 1	Skl. 2	Skl. 3	Skl. 4
Inžinerinės komunikacijos (V_1)	balai	+	0,14	5,22	7,94	5,22	5,31
Aplinka (V_2)	balai	+	0,17	7,93	7,93	6,12	2,36
Sklypo forma (V_3)	balai	+	0,11	5,00	3,00	4,00	4,00
Sklypo plotas (V_4)	m ²	+	0,08	1000,00	700,00	672,00	730,00
Sklypo reljefas (V_5)	balai	+	0,09	9,00	7,00	9,00	5,00
Viešosios poilsio vietos (V_6)	balai	+	0,12	6,97	6,54	2,73	2,73
Infrastruktūra (V_7)	balai	+	0,12	6,77	7,83	6,51	7,48
Susisiekimas (V_8)	balai	+	0,16	7,16	7,16	5,39	1,84

4.1.2. Vienbučio gyvenamojo namo projekto variantas

Vienbučio gyvenamojo namo Vilniuje racionalių sprendimų bei statybos procesu parinkimas atliekamas trimis etapais:

- pirmuoju etapu yra renkami duomenys (nustatomi projekte dalyvaujantys rodikliai, surenkami duomenys apie variantus, sudaromos ryšio lentelės) ir suvedami į duomenų bazę.
- antruoju etapu, remiantis turimais duomenimis, yra ruošiami skaičiavimams duomenys, ekspertų pagalba įvedant trūkstamus neapibrėžtus duomenis į duomenų bazę.
- trečiuoju etapu vykdomas sprendimas taikant daugiakriterinių sprendimų sintezės DSS1 metodą. Čia yra atliekama sudarytų variantų daugiakriterinė analizė, nustatomas variantų rangavimas ir naudingumo laipsnis.

Visi uždaviniję naudojami duomenys yra paimti iš konkretaus vienbučio gyvenamojo pastato statybos projekto, tačiau statybos užsakovo konfidencialumo ir komercinės paslapties išsaugojimo sumetimais tikrieji firmų pavadinimai nėra minimi. Iš projekto duomenų paimta tik darbų apimtys, medžiagos ir kainos. Visa kiekybinė informacija tiesiogiai susijusi su skaitmeninėmis projekto išraiškomis. Susijusi su kokybinėmis charakteristikomis informacija, buvo nustatoma taikant ekspertinį metodą bei naudojant modelyje siūlomus integruotus sprendimus.

Naudojant ekspertinį metodą išrinkti rodikliai kuriems nėra skaitinių reikšmių.

Projektą sudarančių variantų parinkimas.

Kaip jau minėta, duomenys yra paimti iš konkretaus projekto, kur yra pateikti dviejų projektavimo įmonių komerciniai pasiūlymai, kuriais remiantis buvo sudaryti 3 variantai (4.2 lentelė).

Projektas 1 – vienos šeimos, keturių asmenų, vienbutis gyvenamasis namas, su cokoliniu ir mansardiniu aukštais. Užstatytas plotas – 149,60 m², bendras plotas – 81 m²; numatytas garažas vienam automobiliui. Šalia suprojektuota stoginė antram automobiliui; mansardiniame aukšte numatyti trys kambariai (miegamasis ir du vaikų kambariai). Svetainė, valgomasis ir virtuvė integruoti į bendrą erdvę. Virtuvė suprojektuota vizualiai atskirta nuo svetainės, raidės L forma. Pastatas projektuotas šlaite. Stogas vienšlaitis.

Projektas 2 – vienos šeimos, keturių asmenų, vienbutis gyvenamasis namas, su cokoliniu ir mansardiniu aukštais. Užstatytas plotas – 161,76 m², bendras plotas – 162 m²; numatyti du garažai keturiems automobiliams dviejuose lygiuose; mansardiniame aukšte numatyti keturi kambariai (miegamasis, du vaikų kambariai ir svečių kambarys). Svetainė, valgomasis ir virtuvė integruoti į

bendrą erdvę. Svetainėje numatyta erdvė per du aukštus jungianti patalpą su laiptine. Pastatas projektuotas šlaite. Stogas šlaitinis lovio formos.

Projektas 3 – vienos šeimos, keturių asmenų, vienbutis gyvenamasis namas, vieno aukšto, be rūšio. Užstatytas plotas – 281 m², bendras plotas – 185 m²; numatyta stoginė vienam automobiliui; numatyti trys kambariai (miegamasis ir du vaikų kambariai). Pastatas projektuotas lygioje vietoje. Stogas šlaitinis.

Iš turimų duomenų efektyviausiam sprendimui gauti buvo parinkti rodikliai ir parinkti variantai.

4.2 lentelė. Projekto parinkimo daugiatakslio įvertinimo variantai

Table 4.2. Project selection multipurpose assessment options

Rodiklio pavadinimas	Matas	Max-/Min.	Svarbos reikšmė	Proj. 1	Proj.2	Proj. 3
Projekto tipas	balai	+	0,06	7,00	9,00	9,00
Interjeras	balai	+	0,08	5,00	7,00	10,00
Estetika	balai	+	0,09	6,00	6,00	9,00
Natūralus apšvietimas	balai	+	0,12	6,00	8,00	9,00
Projektuotojo reitingai	balai	+	0,07	7,00	9,00	7,00
Projekto kokybė	balai	+	0,11	7,00	8,00	9,00
Pastato plotas	m ²	+	0,07	81,00	162,00	281,00
Miegamųjų skaičius	vnt.	+	0,08	1,00	2,00	4,00
Parkavimo vietų skaičius	vnt.	+	0,09	2,00	4,00	5,00
Funkcionalumas	balai	+	0,11	7,00	9,00	10,00
Aukštingumas	vnt.	–	0,07	1,00	1,00	2,00
Projektavimo terminai	mėn.	–	0,05	5,00	5,00	7,00

Rodiklių sistemą sudaro jų matavimo vienetai, rodiklio minimizavimas ar maksimizavimas ir svarbos reikšmės (4.2 lentelė).

Projektavimo terminų rodiklis įvedamas siekiant kuo racionaliau panaudoti laiką ir yra vertinamas pagal mėnesių skaičių.

Kiti lentelėse pateikti rodikliai yra kokybės ir vertinami balais. Vertinimą atlieka sudaryta ekspertų grupė. Ją sudaro statybos užsakovas kiti vertintojai.

Toliau panagrinėsime kelių kokybinių rodiklių reikšmių nustatymo metodikos taikymą. Įvertinimui buvo pasirinkta 4 kokybinių rodiklių reikšmių nustatymas. Pateikiami pirmojo rodiklio (projekto tipas), apibūdinančio projekto pasirinkimo pakopos variantus, reikšmių nustatymo ekspertinės formos pradiniai

duomenys, apibrėžti storesne linija, bei ekspertiniu metodu apskaičiuotos reikšmės. Šiam tikslui yra atspausdinama paruošta ekspertinė forma (5B lentelė).

Šiems ekspertinio vertinimo metodams yra įvedami eksperto autoritetai. Kadangi grupės pirmininkas kartu yra ir visų darbų užsakovas ir geriausiai žino, koks turėtų būti galutinis rezultatas, todėl jo autoritetas įvertintas aukščiausiai – 10 balų. Tuo tarpu kitų dviejų ekspertų, vadinamų statybos inžinieriais – konsultantais, autoritetai parinkti vienodi po 9 balus.

Kiekvienas ekspertas lentelės eilutėje ties savo pavarde po kiekviena alternatyva (šiuo atveju Projektas 1, Projektas 2, Projektas 3,) parašo savo įvertinimą nuo 1 iki 10 balų (1 – blogiausias, 10 – geriausias). Skaičiavimai atliekami pagal ekspertinio metodo algoritmą. Skaičiavimo metu yra atliekama ir rezultatų analizė. Tikrinamas ekspertų įvertinimų suderinamumas. Reikia pastebėti, kad tolesniam sprendimui yra naudojamos apskaičiuotos vidutinio rango reikšmės.

Analogiškai yra nustatoma ir kitų rodiklių reikšmės. Toliau bus pateikiama sutrumpintas likusių reikšmių nustatymo pradinį ekspertinių duomenų ir rezultatų lentelių fragmentai (6B lentelė).

Apskaičiuotos lentelėse nurodytos vidutinio rango reikšmės yra įtraukiamos į pagrindinių duomenų 4.2 lentelę prie rodiklių pagal projekto parinkimo procesą aprašomus variantus.

Nustačius visus nagrinėjamas variantus apibūdinančių kokybinių rodiklių reikšmes, lieka nustatyti pačių rodiklių pradinį reikšmingumą. Taikant ekspertinį metodą yra nustatomas ir rodiklių pradinis reikšmingumas. Tam paruošiama ekspertinio įvertinimo duomenų lentelė. Tačiau šioje lentelėje vertinami ne variantai, bet juos apibūdinantys absoliučiai visi arba tik su nežinomais pradiniais reikšmingumais paliekami rodikliai. Ekspertai vertina nuo 1 iki 10 balų. Gaunamas rezultatas (ekspertų įvertinimų vidurkis) yra padalijamas iš 10, todėl visi rodiklių reikšmingumai yra nuo 0 iki 1 balų.

Pradinio reikšmingumų skaičiavimo rezultatai išsaugomi nuo 0 iki 1. tai yra svarbu, nes taikant galutiniam sprendimui priimti daugiakriterinius sintezės metodus, reikia išlaikyti pradinį duomenų stabilumą, pastovumą, nepriklausomai nuo variantus apibūdinančių rodiklių skaičiaus. Dėl šios priežasties sprendimui priimti naudojami pradiniai rodiklių reikšmingumai gauti vidutinius rangus paverčiant į reikšmes nuo 0 ir iki 1.

Šiais veiksmais pirmos pakopos pradinį duomenų rinkimo ir pildymo etapas laikomas baigtu. Pildant pradinį duomenų lentelę, buvo išspręsti su kokybiniais rodikliais ir visų rodiklių reikšmingumais susiję informacijos neapibrėžtumo klausimai. Toliau atliekamas kitų 3 sprendimui pasirinktų pakopų pradinį duomenų pildymas.

4.1.3. Konstrukcinių sprendimų variantų parinkimas

Šioje sprendimo pakopoje nagrinėjama pastato konstrukcinės schemos (stuomens) pasirinkimo galimybės. Numatomas statyti vienbutis gyvenamasis pastatas. Pagrindinių klausimų, nagrinėjamų konstruktyvo parinkimo metu, išdėstymas yra pateiktas variantus išreiškiančių rodiklių sistemos aprašymuose (3.13 – 3.14 lentelė).

Pastato stuomens variantų vertinimas pateiktas 4.3. lentelėje. Rodiklių svarbos reikšmės nustatytos remiantis ekspertinio metodo skaičiavimais (7B lentelė).

4.3 lentelė. Pastato stuomens parinkimo daugiakriterinio įvertinimo variantai

Table 4.3. Constructive evaluation of multiple choice options

Rodikliai	Matavimo vnt.	Min. ar Max.	Svarbos reikšmė	Stm. 1	Stm. 2	Stm. 3	Stm. 4
Konstrukcijos svoris (K_1)	Balai	-	0.21	7	8	8	7
Projektinis šilumos laidumo koeficientas λ_{ds} , (K_2)	W/(m·K)	+	0.40	0.9	0.6	0.6	0.9
Montavimo trukmė (K_3)	Balai	-	0,39	7	8	8	8

Vertinami tokie pastato stuomens variantai:

Stuomuo 1 – silikatinės plytos 250 mm.;

Stuomuo 2 – keramzitbetonio blokeliai 300 mm.

Stuomuo 3 – keraminiai blokeliai 200mm.;

Stuomuo 4 – silikatiniai blokeliai 180mm.;

Atliekant skaičiavimus konstrukcijos $1m^2$ svoris vertinamas balais:

- iki $100 kg/m^2$ – 10 balų,
- nuo 101 iki $200 kg/m^2$ – 9 balai,
- nuo 201 iki $300 kg/m^2$ – 8 balai,
- $301 kg/m^2$ ir daugiau – 7 balai.

Montavimo trukmė: nestandartinių matmenų plytos – 6 balai, standartinių matmenų plytos 7 balai, maži blokeliai – 8, dideli blokeliai – 9, medinės konstrukcijos – 10 balų.

Visiems formuojamiems stogų variantams numatoma parinkti medinių gegnių arba santvarų konstrukciją, tačiau stogų variantus galima parinkti su skirtingais dangų variantais. 4.7 lentelėje pateikti stogo variantų parinkimo duomenys. Skaičiavimuose naudojamo konstrukcijos svorio rodiklis įvertina viršutinės dangos ir su dangos svoriu susijusių reikalingų sustiprinimų svorio pokyčių lygį.

Vertinami tokie pastato stogo variantai:

Stogas 1 – keraminių čerpių danga;

Stogas 2 – beasbestinis šiferis (eternitas);

Stogas 3 – cinkuota skarda;

Stogas 4 – bituminės čerpės „Žvynas“ (UAB „Gargždų mida“);

Stogas 5 – plastiku dengta skarda „Rannilla“.

Konstrukcijos svorio rodiklio rekomenduojamos reikšmės:

- skardos – 6 balai,
- beasbestinės šiferinės dangos – 7 balai,
- bituminių čerpių dangos – 8 balai,
- keraminių ir betoninių čerpių dangos – 10 balų.

Darbo imlumo rodiklio rekomenduojamos reikšmės:

- beasbestinės šiferinės dangos – 6 balai,
- skardos – 7 balai,
- bituminių čerpių dangos – 9 balai,
- keraminių ir betoninių čerpių dangos – 10.

Stogo estetika vertinama ekspertiniu metodu, duomenys ir vertinimas pateikti 8B lentelėje.

4.4 lentelė. Pastato stogo parinkimo daugiakriterinio įvertinimo variantai

Table 4.4. Roof selection multipurpose assessment options

Rodikliai	Mat. vnt.	Min. ar Max.	Pradinė reikšmė	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.	5 var.
Konstrukcijos svoris (K_1)	balais	-	0.14	10	7	6	8	6
Darbo imlumas (K_4)	balai	-	0.24	10	6	7	9	6
Atsparumas aplinkos poveikiui (K_5)	balai	+	0.21	10	9	8	6	8
Estetika (K_6)	balai	+	0.22	10	8	7	8	9
Vietinių medžiagų panaudojimas (K_7)	balai	+	0.19	10	10	8	9	5

4.1.4. Energetinio efektyvumo variantų parinkimas

Galima diegti įvairias priemones. 4.5 lentelėje pateikta siūloma energetinio efektyvumo tikslų ir technologinių reikalavimų sistema.

4.5 lentelė. Energetinio efektyvumo tikslų ir reikalavimų sistema**Table 4.5.** System of the Energy efficiency targets and the requirements

Priemonės	1 variantas	2 variantas	3 variantas
Stogas	$U=0,20$	$U=0,16$	$U=0,11$
Išorės sienos	$U=0,24$	$U=0,19$	$U=0,14$
Langai ir balkonai	$U=1,4$	$U=1,1$	$U=0,8$
Rūsio lubos	$U=0,29$	$U=0,25$	$U=0,20$
Šildymo sistema	Automatizuota šildymo sistema	Automatizuota šildymo sistema	Automatizuota šildymo sistema
Karšto vandens sistema	Dujos/elektra	Dujos/elektra	Saulės kolektorių įrengimas ($4-6\text{m}^2$)
Vėdinimas	Įrengti natūralią ventiliaciją ir langų orlaides	Įrengti natūralią ventiliaciją ir langų orlaides	Reguliuojama ventiliacijos sistema su 85 % šilumos atstatymu
Kitos priemonės	–	kitos inovatyvios. priemonės (tame tarpe atsinaujinantys energijos šaltiniai)	kitos inovatyvios. priemonės (tame tarpe atsinaujinantys energijos šaltiniai)
Efektyvumo lygis	70 kWh/m ² /metus	50 kWh/m ² /metus	30 kWh/m ² /metus

4.6 lentelė. Energetinio efektyvumo parinkimo daugiakriterinio įvertinimo duomenys**Table 4.6.** Data of evaluation of energy efficiency targets and the requirements

Rodiklio pavadinimas	Mat. Vnt.	Max-/Min.	Svarbos reikšmė	1 var.	2 var.	3 var.
Stogo šilumos perdavimo koeficientas (EF_1)	W/(m ² ·K)	–	0,14	0,11	0,16	0,20
Išorinės sienos šilumos perdavimo koeficientas (EF_2)	W/(m ² ·K)	–	0,14	0,14	0,19	0,24
Langų šilumos perdavimo koeficientas (EF_3)	W/(m ² ·K)	–	0,15	0,80	1,10	1,40
Perdangos, kuri ribojasi su išore šilumos perdavimo koeficientas (EF_4)	W/(m ² ·K)	–	0,11	0,20	0,25	0,29
Durų šilumos perdavimo koeficientas (EF_5)	W/(m ² ·K)	–	0,08	0,80	1,10	1,40
Šildymo sistemos efektyvumas (EF_6)	%	+	0,13	0,80	0,70	0,60
Karšto vandens ruošimo sistema (EF_7)	Balai	+	0,12	3,00	2,00	1,00
Vėdinimo sistema (EF_8)	Balai	+	0,14	4,00	3,00	2,00

Įsitikinus, kad pradiniai duomenys yra teisingi, dar reikia peržiūrėti suderinamumo lentelių (ryšio lentelių) reikšmes. Naudojantis šiomis lentelėmis yra kontroliuojami variantų, esančių skirtingo lygio duomenyse, tarpusavio

suderinamumo klausimai. Čia galima išskirti kelias galimų nesuderinamumų grupes:

1. Variantai yra nesuderinamos techniškai arba technologiškai (statybose vandenyje neįmanoma įrengti juostinių pamatų, po kolonomis neekonomiška įrenginėti juostinius pamatus ir pan.);

2. Sprendimą priimančias asmuo (ekspertas) kiekvienu atveju gali numatyti neefektyvius sprendimo elementus ir uždrausti jų vykdymą dirbtinai įvesdamas tarp jų nesuderinamumo žymę (prie pigaus fasado nėra tikslo įrenginėti labai prabangių aliuminio konstrukcijų varstomų langų, ne visos kompanijos sugeba atlikti tam tikrus specifinius darbus).

Čia reikėtų paminėti sprendimą priimančio asmens kompetentingumą. Nuo to labai priklauso praktikoje įgyvendinamo efektyvaus sprendimo priėmimas.

Peržiūrėjęs visus pradinius duomenis vartotojas dar turi galimybę atlikti tarpinę, kiekvienos pakopos viduje daugiakriterinių sprendimų analizę bei taikydamas sintezės DSS1 metodą atlikti pagrindinį sprendimą.

Atlikus sprendimą vartotojui yra siūloma peržiūrėti tarpinius „DuomVar“ lentelės rezultatus (4.7 lentelė). Apibendrinat galima pasakyti, kad remiantis pradiniais duomenimis, pasitelkus ekspertinius metodus bei daugiapakopį daugiakriterinių sprendimų sintezės DSS1 metodą, buvo nustatyta architektūrinių sprendimų, apimančių vietos, projektavimo, konstruktyvo ir energijos efektyvumo lygio parinkimo kompleksinių variantų prioritetinė eilutė. Rezultatai pateikti 4.7 lentelėje.

- Projektas 1 – 282 m² projektas;
- Pastato stumuo – silikatinės plytos;
- Sklypas 1 – Baltupiai;
- Stogo danga 3 – Cinkuota skarda
- Energetinis efektyvumas 30 kWh/m²/a.

Reikėtų pažymėti, kad tai nėra tikslius skaičiavimus pateikianti sistema. Šis modelis paremtas sustambintais rodikliais ir suteikia galimybę priimti sprendimą vieną iš daugelio. Autorės nuomone, remiantis tokiu modeliu, bent jau pirminiame investavimo etape gali būti suderinti įvairių suinteresuotų grupių poreikiai. Tai gali būti pagrindas tolesniam projekto kūrimui ir įgyvendinimui, pasirašant sutartį.

Baigiant apibendrintų rodiklių sistemos sudarymo aprašymą reikia paminėti, kad gali susidaryti situacija, kai yra neįmanoma numatyti konkrečios rodiklio reikšmės kuriai nors nagrinėjamai pakopai. Tokiu atveju yra pasirenkamos visiems variantams tos pakopos viduje vienodos nagrinėjamo rodiklio reikšmės. Rekomenduojama priimti 1. Šis sprendimas neturės įtakos bendram efektyviam sprendimui (Šarka, 2000).

4.7 lentelė. Racionalaus vienbučio gyvenamojo namo varianto parinkimas SPS_DS statyboje. Pirmųjų keturių variantų prioritentinė eilutė

Table 4.7. Efficient residential building construction SPS_DS variant selection

Variantų Prioritetas	Variantų numeris	Variantų K _{bita} reikšmė	Variantų sudarančios alternatyvos	
1	498	0,73	3	Projektas 1
			1	Pastato stuomuo (silikatinės plytos)
			2	Sklypas 2 (Baltupiai)
			1	30 kWh/m ² / a
			3	Stogo danga (Cinkuota skarda)
2	483	0,69	3	Projektas 1
			1	Pastato stuomuo (silikatinės plytos)
			1	Sklypas 1 (Saulėtekis)
			1	30 kWh/m ² / a
			3	Stogo danga (cinkuota skarda)
3	382	0,63	2	Projektas 2
			3	Pastato stuomuo (keraminiai blokėliai)
			2	Sklypas 2 (Baltupiai)
			2	50 kWh/m ² a
			2	Stogo danga (beasbestis šiferis)
4	106	0,65	2	Projektas 2
			2	Pastato stuomuo (silikatinės plytos)
			2	Sklypas 2 (Baltupiai)
			1	30 kWh/m ² / a
			3	Stogo danga (cinkuota skarda)

Įvertinus siūlomus variantus gyvenimo kokybės aspektu ir atlikus pirmojo uždavinio etapo skaičiavimus gauname, racionalius variantus. Atliekami ekonominiai skaičiavimai. Po to šiuos variantus reikia patikrinti matematinio modeliavimo metodu.

4.2. Vienbučių gyvenamųjų namų statybos ir pardavimo Vilniaus m. matematinis modelis

Pagal koreliacijos analizės metodą, rinkos tyrimų duomenų pagrindu apibrėžtos pagrindinės priklausomybės. Šios priklausomybės kompleksas sudaro Vilniaus miesto vienbučio gyvenamojo namo statybos, įskaitant sklypo pirkimo, projektavimo, statybos ir papildomai įdiegtų energetinio efektyvumo priemonių vertės nustatymo matematinį modelį. (4.8 lentelė)

4.8 lentelė. Priklausomybės kompleksas efektyvumui nustatyti

Table 4.8. A set of relationship to determine the effectiveness of repairs

Priklausomybės Nr.	Mišriosios koreliacijos koeficientas	Koreliacijos koeficientas	Priklausomybės paskirtis	Priklausomybės išraiška
1	1	1	Maksimali statybos kaina	$R_{\max}(k) = -579k + 6040,3$
2	1	1	Minimali statybos kaina	$R_{\min}(k) = -2,5k^2 - 512,5k + 5594,3$
3	1	1	Vidutinė statybos kaina	$R_{\text{vid}}(k) = -0,5k^2 - 549,5k + 5818,3$
4	1	1	Maksimali vienbučio gyvenamojo namo pardavimo kaina	$P_{\max}(k) = 135k^2 - 945k + 7020$
5	1	1	Minimali vienbučio gyvenamojo namo pardavimo kaina	$P_{\min}(k) = 113,43k^2 - 794,04k + 5898,6$
6	1	1	Vidutinė vienbučio gyvenamojo namo pardavimo kaina	$P_{\text{vid}}(k) = 124,22k^2 - 869,52k + 6459,3$

Vienbučių gyvenamųjų namų efektyvumui nustatyti naudojant priklausomybės kompleksą galima suformuoti matematinius investicijų modelius įvairioms rizikos zonoms apibrėžti. Taip nustatant nerizikingą investicijos zoną, įvertinant pagrindinį principą

$$P_{\min}(k) - R_{\max}(k) > 0,$$

apibrėžtas toliau pateiktas modelis: $P_{\min}(k) - R_{\max}(k) = 113,43k^2 - 794,04k + 5898,6 + 579k - 6040,3$

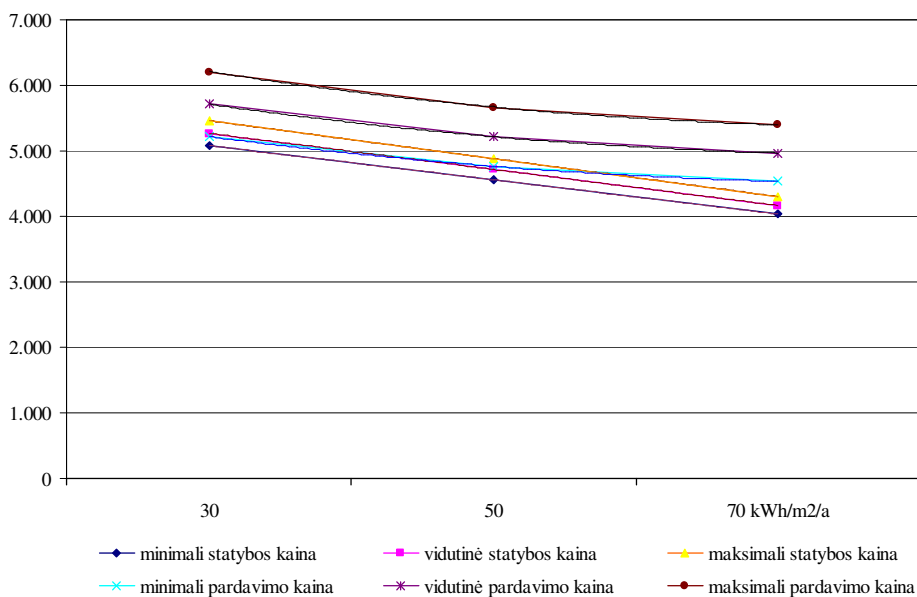
Analogiškai suformuotos normalios rizikos, padidinto rizikingumo ir nuostolingų investicijų zonų nustatymo modeliai.

4.9 lentelė. Rizikos zonų nustatymo modeliai

Table 4.9. Definition risk zone of investment

Nr.	Modelio paskirtis	Modelio išraiška
1	Nerizikingos investicijos zonos	$P_{\min}(k) - R_{\max}(k) = 113,43k^2 - 215,04k - 141,7$
2	Normalios rizikos zonos	$\bar{P}(k) - \bar{R}(k) = 124,72k^2 - 320,02k + 641$
3	Padidinto rizikingumo ir nuostolingų investicijų zonos	$R_{\min}(k) - P_{\max}(k) = -137,5k^2 + 432k - 1425,7$

Taikant apibrėžtus matematinius modelius pagrindiniams Vilniaus miesto rajonams, buvo suformuoti investicijų įvairių rizikos laipsnių pasiskirstymo grafikai (4.1 paveikslas).



4.1 pav. Investicijų rizikos laipsnio pasiskirstymo grafikai

Fig. 4.1. Grafts of investment risk rating distribution

Pagal pirmojo etapo metu atliktus skaičiavimus parinkto vartotojų poreikius ir energetinio naudingumo reikalavimus atitinkančio investicinio projekto variantas patikrintas matematinio modeliavimo metodu ir nustatytos saugios rizikos zonos. Iš grafiko (4.1 pav.) nustatyta, kad padidita rizikos zona atsiranda ties 40 kWh/m²/a. Kitų gautų variantų sprendiniai pateikti D priede.

4.3. Vienbučio gyvenamojo namo Vilniuje ekonominio naudingumo naudotojui vertinimas

Toliau pateikiama ekonominės naudos naudotojui parinkimo daugiatikslio įvertinimo pradinių duomenų lentelė (4.10 lentelė).

4.10 lentelė. Ekonominės naudos naudotojui daugiatikslio įvertinimo variantai ir sprendimas

Table 4.10. Variants and decision of economical efficiency of multiple assessment

Rodikliai	Mat. vnt.	Min. Max	Prad. reikšm.	1 var.	2 var.	3 var.	4 var.
Būsto pirkimo kaina (E_1)	1000 Lt	–	0,70	1605,63	1605,63	845,15	925,67
Išlaidos energijai per 25metus (E_2)	1000 Lt	–	0,20	44,70	44,70	73,70	25,00
Išlaidos priežiūrai per 25 metus (E_3)	1000 Lt	–	0,10	25,00	25,00	20,00	25,00
Varianto prioritetas				3	3	2	1
Varianto naudingumo laipsnis				24,18	24,18	75,79	100,00

Antrame etape, atlikus skaičiavimus nustatyta, kad 4 ir 3 investicinio projekto variantas ekonomiškai naudingiausias naudotojui.

4.4. Investicinio projekto efektyvumo vertinimas

Atrinkus keturis investicinio projekto variantus atsižvelgiant į būsimų naudotojų poreikius, atsižvelgiant į darnios plėtros ir energijos taupymo reikalavimus, nustačius naudotojui ekonomiškai naudingus variantus, patikrinus matematinio modeliavimo metodu rizikingus sprendinius, apskaičiuojamos investicinio projekto rodiklių vertės. Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad 3 ir 4 variantai investuotojui yra nuostolingi. Dėl šios priežasties toliau vertinami 1 ir 2 variantai. 4.11 lentelėje pateikti duomenys, pagal kuriuos atliekamas ekonominis investicinio projekto vertinimas.

4.11 lentelė. Investicinio projekto daugiatislio įvertinimo variantai**Table 4.11.** Variants of investment project evaluation

Rodikliai	Mat. vnt.	Min. / Maks.	Svarbos reikšmė	1 var.	2 var.
Grynoji esama vertė (F_1)	tūkst. Lt	+	0,14	12,89	1,26
Vidinė pelno norma (F_2)	%	+	0,08	9	1
Atsipirkimo periodas (F_3)	mėn.	–	0,11	69	6
Pelningumo indeksas (F_4)	%	+	0,11	1,09	1,01
Investicinio projekto sąnaudos (F_5)	tūkst. Lt	–	0,17	1463,80	1591,80

Pagal atliktą vertinimą, investuotojui palankesnis yra pirmasis investicinio projekto variantas.

Norint suderinti naudotojų ir investuotojų poreikius, daugiatisliu metodu pakartotinai perskaičiuojami likusieji du variantai įvertinant tiek naudotojo, tiek investuotojo poreikius (4.12 lentelė).

4.12 lentelė. Racionalaus vienbučio gyvenamojo namo investicinio varianto parinkimas SPS_DS statyboje**Table 4.12.** Efficient investment project of residential building construction SPS_DS variant selection

Rodikliai	Mat. vnt.	Min. / Maks.	Svarbos reikšmė	1 var.	2 var.
Būsto pirkimo kaina (E_1)	tūkst. Lt	–	0,70	1605,63	1605,63
Išlaidos energijai per 25metus (E_2)	tūkst. Lt	–	0,20	44,70	44,70
Išlaidos priežiūrai per 25 metus (E_3)	tūkst. Lt	–	0,10	25,00	25,00
Grynoji esama vertė (F_1)	tūkst. Lt	+	0,14	12,89	1,26
Vidinė pelno norma (F_2)	%	+	0,08	9	1
Atsipirkimo periodas (F_3)	mėn.	–	0,11	69	6
Pelningumo indeksas (F_4)	%	+	0,11	1,09	1,01
Investicinio projekto sąnaudos (F_5)	tūkst. Lt	–	0,17	1463,80	1591,80

Iš DSS1 metodu atliktų skaičiavimų matyti, kad patraukliausias yra pirmasis investicinis projektas – tai 282 m² ploto vienbutis gyvenamasis namas, laikančiosios konstrukcijos – silikatinių plytų, stogo danga – cinkuotos skardos, mažai energijos naudojantis pastatas (30 kWh/m²/a), sklypo vieta – Vilniuje, Baltupių mikrorajone.

4.5. Ketvirtojo skyriaus išvados

1. Racionalaus vienbučių gyvenamųjų namų investicinio projekto parinkimo, įvertinant gyvenimo kokybę, architektūrinių sprendimų

įtaką pastato gyvavimo cikle, modelis pritaikytas praktinio uždavinio sprendimui.

2. Būsto pasirinkimas yra ilgalaikis sprendimas, todėl tenkinant naudotojų poreikius labai svarbu išsiaiškinti ir numatyti visas detales susijusias su gyvenamosios aplinkos kokybe, energijos poreikiais bei išlaidomis, kurias naudotojas patirs eksploatuodamas pastatą.
3. Atlikus skaičiavimus parinktas racionalus investicinis variantas, 282 m² ploto vienbutis gyvenamasis namas, laikančiosios konstrukcijos – silikatinių plytų, stogo danga – cinkuotos skardos, mažai energijos naudojantis pastatas (30 kWh/m²/a), sklypo vieta – Vilniuje, Baltupių mikrorajone.
4. Parinktas racionalus investicinio projekto variantas pagal sukurta modelį formuoja naują, į darnią gyvenamąją aplinką orientuotą požiūrį ir suteikia platesnes galimybes investuotojui.

Bendrosios išvados

Atlikus analizę, sudarius racionalaus investavimo į vienbučių gyvenamųjų namų statybą sprendimų matematinį modelį ir pagal šį modelį išsprendus praktinį uždavinį, suformuluotos šios mokslinės ir praktinės išvados:

1. Nustatyta, kad užsienio praktikoje per 10-15 metų yra suformuoti įvairūs energiją efektyviai naudojančių ir netgi energiją gaminančių iš atsinaujinančių energijos šaltinių pastatų, įvairūs „protingų namų“ modeliai ir atlikti vertinimai rodo, kad investicijos į šiuos pastatus atsiperka. Kai tuo tarpu Lietuvoje tik apie 2009-2010 metus pradėta aktyviai kalbėti ir 2009 metais pastatytas ir sertifikuotas pirmasis individualus „pasyvaus namo“ standartus atitinkantis gyvenamasis namas.

2. Nustatyta, kad esami individualių namų statybos investicinių projektų efektyvumo vertinimo sprendimų modeliai yra nepakankami, siekiant įvertinti skirtingų rinkos dalyvių investuotojo ir galutinio vartotojo poreikius ir pozicijas, ekonominio efektyvumo, investicijų racionalumo bei gyvenimo kokybės aspektais.

3. Darbe identifikuotos kritinės esamos investicinių projektų formavimo ir įgyvendinimo sistemos problemos, susiję su nekorektišku pačių uždavinių formulavimu ir mažiausios kainos taikymu perkant projektavimo ir statybos rangos paslaugas.

4. Išanalizavus pastato gyvavimo ciklą ir parengus schemą, nustatyta, kad architektūriniai sprendimai tiesiogiai veikia investicinių projektų kaštus visuose statybos etapuose ir turi tiesioginę įtaką pastato efektyvumui ir vertei. Tinkamas šių sprendimų įvertinimas funkcinė, ekonominė, poreikių patenkinimo, efektyvumo bei kitais aspektais dar pradiniam projektavimo etape suteikia galimybę suformuoti virtualų sprendimą ir pastato gyvavimo cikle sutaupyti iki 25% projekto lėšų.

5. Ilgalaikėje perspektyvoje, siekiant racionalaus investavimo į vienbučių gyvenamųjų namų statybą sprendimo, tikslinga:

- statytojui – investicijas susieti aukštesnių reikalavimų nei minimalūs reglamentuojami reikalavimai nustatymu, taikant energetinio efektyvumo ekonominio naudingumo principą.
- valstybei – visapusiškai skatinti investicijų į energijos efektyvumo didinimą bei atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimą, taip skatinti inovacijas, kurti naujas darbo vietas, naujus verslus ir didinti eksportą.

6. Šiuo tikslu parengtas racionalaus investavimo į vienbučių gyvenamųjų namų statybą sprendimų, naudojant daugiakriterinės sintezės ir matematinio modeliavimo metodus modelis;

7. Modelyje suformuoti vienodai interpretuojami atskirų statybos elementų ir procesų vertinimo (inžinerinės komunikacijos, finansinių rodiklių, konstruktyvo parinkimo ir t.t.) integruotų rodiklių sprendimai.

8. Modelio principiniai sprendimai pritaikyti praktikoje, formuojant tarptautinį FP7, CONCERTO programos “Eco-life” projektą, “Birštonas ECO-miestas” koncepciją bei išbandyti sprendžiant konkretų uždavinį, siekiant nustatyti efektyvų architektūrinių sprendimų ir investicijų į gyvenamuosius namus variantą.

Literatūros sąrašas

Adalberth, K., Almgren, A. and Petersen, E. H. (2001) Life cycle assessment of four multi-family buildings, *International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings* 2: 1-21. [Online]: <http://www.byv.kth.se/avd/byte/leas/>

Alkoc E., Erbatur P. 1997. Productivity improvement in concreting operations through simulation models. *Building Research and Information* 25(2): 82–91.

Andresen, I. 2000. Multiple-criteria decision-making in green building design, in *International Conference Sustainable Building*. Proceedings 22–25 October, Maastricht, The Netherlands, 709–711.

Antuchevičienė, J.; Turskis, Z.; Zavadskas, E. K. 2006. Modelling renewal of construction objects applying methods of the game theory. *Technological and Economic Development of Economy* 12(4): 263–268.

Bagaeen, S.G. 2006. Redeveloping former military sites: Competitiveness, urban sustainability and public participation. *Cities* 23 (5): 339–352.

Banaitienė, N.; Banaitis, A.; Kaklauskas, A.; Zavadskas, E. K. 2008. Evaluating the life cycle of a building: A multivariant and multiple criteria approach, *Omega – International Journal of Management Science* 36(3): 429–441.

Banaitienė, N.; Turskis, Z. 2004. Sprendimų parama vertinant pastato gyvavimo proceso efektyvumą, *Ūkio technologinis ir ekonominis vystymasis* X(2): 57–66.

- Banaitis, A.; Banaitiene, N. 2007. Development of the rational housing model: the Lithuanian case, *Int. J. Environment and Pollution* 30(3/4): 430–442.
- Bardauskienė, D. 2007. Ekspertinių vertinimų taikymas rengiant miesto bendrąjį planą. *Technological and Economic Development of Economy* 13(3): 223–236.
- Björk B-C. 2009. RATAS, a longitudinal case study of an early construction IT roadmap project. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)* 14 (special Issue Next Generation Construction IT: Technology Foresight, Future Studies, Roadmapping, and Scenario Planning): 385–399.
- Björnsson H., Lundegard R. 1993. Strategic use of IT in some European construction firms. *Management of Information Technology for Construction*. Proceedings of the First International Conference on the Management of Technology for Construction. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. 1993, 602 p.
- Bovea, M. D.; Gallardo, A. 2006. The influence of impact assessment methods on materials selection for eco-design. *Materials and Design* 27(3): 209–215.
- 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.
- Brauers, W. K. M.; Zavadskas, E. K.; Peldschus, F.; Turskis Z. 2008. Multi-objective decision-making for road design. *Transport* 23(3): 183–193.
- Burnett, J. 2007. City buildings – Eco-labels and shades of green! Landscape and Urban Planning. *Cities and Sustainability* 83 (1) : 29–38.
- Chen, S. J.; Hwang, C. L. 1992. Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: *Methods and Applications*, Springer-Verlag, New York. 536 p.
- Chen, Z.; Clements-Croome, D.; Hong, J.; Li, H.; Xu, Q. 2006. A multicriteria lifespan energy efficiency approach to intelligent building assessment. *Energy and Buildings* 38(5): 393–409.
- Cheong, K. W. D.; Yu, W. J.; Kosonen, R.; Tham K. W.; Sekhar, S. C. 2006. Assessment of thermal environment using a thermal manikin in a field environment chamber served by displacement ventilation system. *Building and Environment* 41: 1661–1670.
- Chlela, F.; Husaunndee, A.; Inard, C.; Riederer, P. 2009. A new methodology for the design of low energy buildings. *Energy and Buildings* 41(9): 982–990.
- Choguill, C. L. 2008. Developing sustainable neighbourhoods. *Habitat International* 32 (1): 41–48.
- CONCERTO project. *ECOCITY: Helsingør and Helsingborg, Tudela, Trondheim*. [interaktyvus] [žiūrėta 2008m. balandžio 15 d.]. prieiga per internetą: <<http://www.ecocity-project.eu/>>
- Copeland, T.; Koller, T.; Murrin, J. 2000. *Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies*. John Wiley & Sons.

- Curtis L., Rea W., Smith-Willis P., Fenyves E., Pan Y. 2006. Adverse health effects of outdoor air pollutants. Review article. *Environment International* 32(6): p. 815–830.
- Dagilienė, L.; Kovaliov, R.; Mačerinskis, J.; Simanavičienė, Ž. 2006. The Application of financial valuation methods in investment decisions, *Vadyba* 2(7): 28–33.
- Dambrauskas, A. 2001. Automatinių valdymo sistemų optimizavimo uždaviniai, *Elektronika ir elektrotechnika* 5(34): 59–66. ISSN 1392–1215.
- Dambrauskas, A. 2003. *Automatinių valdymo sistemų optimizavimas*. Vilnius: Technika. 304 p.
- Dongtan Eco-City Kinija* [interaktyvus] [žiūrėta 2008m. balandžio 15 d.]. prieiga per internetą: <<http://www.arup.com/eastasia/project.cfm?pageid=7047>>
- ECOCITY. *ES project ECOCITY: Bad Ischl, Barcelona, Gyoer, Tampere, Trnava, Tuebingen, Umbertide* [interaktyvus] [žiūrėta 2008m. balandžio 15 d.]. prieiga per internetą: <www.ecocityprojects.net/>
- Edwards, C.; Colet, E.; Fridman, L. 2006. *Advances in Variable Structure and Sliding Mode Control*. Springer. 482 p.
- Emelianov, S. V.; Korovin, S. K.; Mamedov, I. G. 1995. *Variable-structure Control Systems: Discrete and Digital*. CRC Press. 316 p.
- Energijos efektyvumo veiksmų planas, patvirtinta Lietuvos Respublikos ūkio ministro 2008 m. gruodžio 4 d. įsakymu Nr. 4-620.
- Eugénia Captivo, M., Clímaco J., Figueira, J., Martins, E., Santos, J-L. 2003. Solving bicriteria 0–1 knapsack problems using a labeling algorithm. *Computers and Operations Research* 30(12): 1865-1886.
- Formas. 2004. Research Strategies for Environment. Agricultural Sciences and Spatial Planning – *White paper 2004/2005*, Report 4:2004, Formas, Sweden. 40 p.
- Gale, D. 2007. Linear Programming and the Simplex Method, *Notices of the AMS* 54(3): 364–369.
- Ginevicius, R.; Podvezko, V.; Raslanas, S. 2008. Evaluating the alternative solutions of wall insulation by multicriteria methods. *Journal of Civil Engineering and Management* 14(4): 217–226.
- Ginevičius, R.; Zubrecovas, V.; Ginevičius, T. 2009. Nekilnojamojo turto investicinių projektų efektyvumo vertinimo metodikos, *Verslas: teorija ir praktika* 10(3): 181–190. ISSN1648-0627.
- Girdzijauskas, S.; Štreimikienė, D.; Čepinskis, J.; Moskaliova, V.; Jurkonytė, E.; Mackevičius R. Formation of Economic Bubbles: Causes and Possible Preventions. *Technological and Economic Development of Economy; Baltic Journal on Sustainability*, ISSN 1392-8619, 2009, 15 (2). 267-280.

- Greening, L. A.; Bernow, S. 2004. Design of coordinated energy and environmental policies: use of multi-criteria decision-making, *Energy Policy* 32(6): 721–735.
- Guerard J. B., Stone B. K. 1987. Strategic Planning and the Investment-Financing Behaviour of Major Industrial Companies. *Journal of the Operational Research Society* 38(12): 1039–1050.
- Gulyas, A.; Unger, J.; Matzarakis, A. 2006. Assessment of the microclimatic and human comfort conditions in a complex urban environment: Modelling and measurements, *Building and Environment* 41: 1713–1722.
- Gupta, Y. P. 2007. A modified simplex method for solving 1–norm minimization problem in model predictive control, *Canadian Journal of Chemical Engineering*, 199–207.
- Hadjiski, M.; Sgurev, V.; Boishina, V. 2007. HVAC Control via Hybrid Intelligent Systems. *Cybernetics and Information Technologies* 7(1): 77–94.
- Halfawy, M.R., Vanier, D., Froese, T. 2006. Standard data models for interoperability of municipal infrastructure asset management systems. *Canadian Journal of Civil Engineering*. 33(12): 1459–1469.
- Hamilton W. F., Moses M. A. 1983. An optimization model for corporate financial planning. *Opns Res* 21: 677–692.
- Hui, P. S.; Wong, L. T.; Mui, K. W. 2007. Evaluation of professional choice of sampling locations for indoor air quality assessment. *Building and Environment* 42(8): 2900–2907.
- Juknys R. 2003. Darnus vystymasis – pagrindinės nuostatos ir miškų ūkio vaidmuo jas įgyvendinant. *Baltijos miškai ir mediena*. Nr.2 (2), 2003. [žiūrėta 2007-06-09]. Prieiga per internetą: <http://www.bmm.lt/straipsnis.cfm?id=2>
- Juskevicius, P.; Burinskiene, M. 2007. Quality factors of the residential environment in urban planning. *Int. J. Environment and Pollution* 30(3/4): 471–484.
- Kaklauskas, A.; Zavadskas, E. K.; Raslanas, S. 2005. Multivariant design and multiple criteria analysis of building refurbishments, *Energy and Buildings* 37(4): 361–372.
- Kaklauskas, A.; Zavadskas, E.K.; Banaitis, A.; Šatkauskas, G. 2007. Defining the utility and market value of a real estate: a multiple criteria approach. *International Journal of Strategic Property Management* 11: 107–120.
- Kaklauskas, A.; Zavadskas E. K.; Gargasaitė, L. 2004. Ekspertinės ir žinių sistemos bei geriausios patirties duomenų bazės. *Ūkio technologinis ir ekonominis vystymas* X(3): 88–95.
- Kalibatas, D. 2009. *Aplinkos veiksnių įtakos gyvenamosioms patalpoms daugiataktisliis vertinimas*. Daktaro disertacija. Vilnius, Technika.

- Kalibatas, D.; Turskis, Z. 2008. Multicriteria evaluation of inner climate by using MOORA method, *Information Technology and Control* 37(1): 79–83.
- Kim N., Han J. K., Srivastava R. K. 2002. A Dynamic IT Adoption Model for SOHO Market: PC Generational Decisions with Technological Expectations. *Management Science* 48(2): 222–240.
- Koshel, R. J. 2002. Enhancement of the downhill simplex method of optimization, in *Proceedings of International Optical Design Conference V*. 4832: 270–282.
- Koshel, R. J. 2005. Simplex optimization method for illumination design, *Optics Letters* 30(6): 649–651.
- Kosonen, R.; Tan, F. 2004. Assessment of productivity loss in air-conditioned buildings using PMV index. *Energy and Buildings* 36: 987–993.
- Kotz, S.; Johnson, N. L. 1993. *Breakthroughs in Statistics*. Volume 2: *Methodology and Distribution*. Springer. 600 p.
- Lam K. C., Runesos G. 1998. Modeling financial decisions in construction firms. *Construction Management and Economics* 17: 589–602.
- Lee, D. H.; Lee, K. C.; Kang, S.; Baik, J. 2007. A priori ordering protocols to support consensus-building in multiple stakeholder contexts. *Information Sciences* 177(15): 3129–3150.
- Lewis, R. M.; Torczon, V.; Trosset, M. W. 2000. Direct search methods: then and now, *Journal of Computational and Applied Mathematics* 124: 191–207.
- Li, W. 2006. On Auxiliary algorithm for the simplex method by H. Luh and R. Tsaih, *Lecture Notes in Computer Science. Intelligent Computing*. Springer, 925–930.
- Lietuvos Respublikos Architektūros politikos krypčių aprašas, patvirtinta Lietuvos Respublikos Vyriausybės, 2005 m. gegužės 18 d. nutarimu Nr. 554
- Lietuvos Respublikos Investicijų įstatymas, Valstybės žinios, 1999 07 07, Nr. VIII–1312; 1999, Nr. 66-2127.
- Lietuvos Respublikos statybos įstatymas, Valstybės žinios, 1996, Nr. 32-788, Nr. I-1240; Nr. IX-583, 2001-11-08, Žin., 2001, Nr. 101-3597 (2001-11-30).
- Lietuvos statistikos departamentas [interaktyvus] 2010. [žiūrėta 2010m. gegužės 9 d.]. prieiga per internetą: <www.std.lt >.
- Mandic, D. P. 2004. A generalized normalized gradient descent algorithm, *IEEE Signal Processing Letters* 11(2): 115–118.
- Martinaitis, V.; Kazakevičius E.; Vitkauskas, A. 2007. A two-factor method for appraising building renovation and energy efficiency improvement projects. *Energy Policy* 35(1): 192–201.

- Martinaitis, V.; Rogoža, A.; Bikmanienė, I. 2004. Criterion to evaluate the “twofold benefit” of the renovation of buildings and their elements. *Energy and Buildings* 36(1): 3–8.
- Martinez, E. 2006. A simplex search method for experimental optimization with multiple objectives, in *16th European Symposium on Computer Aided Process Engineering one and 9th International Symposium on Process Systems Engineering*, 377–382.
- Melchert, L. 2007. The Dutch sustainable building policy: A model for developing countries? *Building and Environment* 42: 893–901.
- Mendonça, P., Bragança, L. 2007. Sustainable housing with mixedweight strategy - A case study. *Building and Environment*. 42(9): 3432-3443.
- Mickaitytė, A. 2008. *Visuomeninių pastatų atnaujinimas pagal darnos principus*. Daktaro disertacija. Vilnius, Technika.
- Mui, K. W.; Chan, W. T. 2006. Building calibration for indoor air quality management. *Building and Environment* 41: 877–886.
- Neddermeijer, H. G.; van Oortmarssen, G. J.; Piersma, N.; Dekker, R.; Habbema, J. D. F. 2000. *Adaptive extensions of the Nelder and Mead Simplex Method for optimization of stochastic simulation models*: Econometric Institute Report EI2000–22/A, faculty of Economics, Erasmus University Rotterdam, The Netherlands. 88 p.
- Nelson, L. L. 2006. *Global Optimization: From Theory to Implementation*. Springer. 427 p.
- Ng S. T., Mak M. M., Skitmore R. M., Vamam M. 2001. The predictive ability of Bromilow's time-cost model. *Construction Management and Economics* 19(2): 165–173.
- Niachou, A.; Papakonstantinou, K.; Santamouris, M.; Tsangrassoulis, A.; Mihalakakou, G. 2009. Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance. *Energy and Buildings* 33(7):719-729.
- Oke, G.; Istefanopoulos, Y. 2001. Gradient-descent based trajectory planning for regulation of a two-link flexible robotic arm, in *IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics*, Proceedings 2: 948–952.
- Park J. S., Lim B. H., Lee Y. 1998. A Langrangian Dual-Based Branch-and-Bound Algorithm for the Generalized Multi-Assignment Problem. *Management Science* 44(12): 271-282.
- Parker, D.S. 2009. Very low energy homes in the United States: Perspectives on performance from measured data. *Energy and Buildings* 41(5): 512-520.
- Peldschus, F. 2008. Experience of the game theory application in construction management. *Technological and Economic Development of Economy* 14(4): 531–545.

- Perez-Lombard, L.; Ortiz, J.; Pout, C. 2009. A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings* 40(3):394-398.
- Peterson P., Benesh G. 1983. A reexamination of the empirical relationship between investment and financing decisions. *J. Financial Quant. Analysis* 18: 439-454.
- Piramuthu, S. 2008. Input Data for Decision Trees. *Expert Systems with Applications* 34(2):. 1220-1226.
- Pranevičius, H.; Pilkauskas, V.; Budnikas, G. Decision making using simulation models of business processes: an implementation view. *2006 Seventh International Baltic Conference on Databases and Information Systems*, Vilnius, Lithuania, 3-6 July 2006: proceedings / edited by Olegas Vasilecas, Johama Eder, Albertas Caplinskas. New York: IEEE, 2006. ISBN 1-4244-0345-6. 48-54.
- Ryan, H. E.; Trahan, E. A. 2007. Corporate financial control mechanisms and firm performance: the case of value-based management systems, *Journal of Business Finance & Accounting* 34(1/2) January/March: 111-138.
- Rutkauskas, A. V. 2000. Formation of adequate investment portfolio for stochasticity of profit possibilities, *Property Management* 4(2): 100-115.
- Rutkauskas, A. V. 2001a. Financial analysis problems under presence of uncertainty, *Property Management* 5(1): 45-62.
- Rutkauskas, A. V. 2001b. Nekilnojamojo turto plėtotė, investicijos ir rizika [Real estate development, investments and risk]. Vilnius: Technika. 404 p.
- Rutkauskas, A. V.; Tamošiūnienė, R. 2002. Verslo projektavimas [Business project]. Vilnius: Technika. 240 .p
- Rutman, E.; Inard, C.; Bailly, A.; Allard, F. 2005. A global approach of indoor environment in an air-conditioned office room. *Building and Environment* 40: 29-37.
- Samanini, I.; Pinheiro, P. R. 2008. Challenging the Incomparability Problem: An Approach Methodology Based on ZAPROS Modelling, *Computation and Optimization in Information Systems and Management Sciences* 14: 338-347.
- Sartori, I.; Hestnes, A.G. 2009. Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article. *Energy and Buildings* 39(3): 249-257
- Schäffler, S.; Schultz, R.; Weinzierl, K. 2002. Stochastic method for the solution of unconstrained vector optimization problems, *Journal of Optimization Theory and Applications*. Springer Netherlands 114(1): 209-222.
- Shen, W.; Nie, Y.; Zhang, H. M. 2007. Dynamic network simplex method for designing emergency evacuation plans, *Transportation Research Record* 2022: 83-93.
- Shi J., AbouRizk S. M. 1997. Resource-based modeling for construction simulation. *Journal of Construction Engineering and Management* 123(1): 26-33.

- Skitmore M., Ng T. 2001. Australian project time-cost analysis: statistical analysis of intertemporal trends. *Construction Management and Economics* 19: 1155–1588.
- Sontag, E. D. 1998. *Mathematical Control Theory: Deterministic Finite Dimensional Systems*. Springer. 351 p.
- Spall, J. C. 2000. Adaptive stochastic approximation by the simultaneous perturbation method, *IEEE Transactions on Automatic Control* 45(10): 1839–1853.
- Statybos techninis reglamentas 2.01.03:2009. Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių-techninių dydžių projektinės vertės
- Statybos techninis reglamentas 2.01.09:2005. Pastatų energinis naudingumas. Energetinio naudingumo sertifikavimas.
- Statybos techninis reglamentas 2.05.01:2005. Pastatų atitvarų šiluminė technika.
- Statybos techninis reglamentas 2.09.02:2005. Šildymas, vėdinimas ir oro kondiicinavimas.
- Stein, W. W.; Ziemba, W. T. 2005. *Applications of Stochastic Programming*. SIAM. 709 p.
- Sutcliffe V. M. 1996. Use of technology improves competitiveness. *Managing Office Tech.* 41: 10–18.
- Šarka, V.; Zavadskas, E. K.; Ustinovičius, L.; Šarkienė, E.; Ignatavičius, Č. 2008. System of project multicriteria decision synthesis in construction, *Technological and Economic Development of Economy: Baltic journal on sustainability*. 4(14): 546-565. ISSN 1392-8619.
- Ševčenko G.; Ustinovičius L.; Andruškevičius A. 2008. Multi-attribute analysis of investments risk alternatives in construction. *Technological and Economical development of economy* 14(3): 428–443.
- Tamošiūnienė, R.; Šidlauskas, S.; Trumpaitė, I. 2006. Investicinių projektų efektyvumo daugiakriterinis vertinimas. *Verslas: teorija ir praktika*. 7(4). 203-212. ISSN 1648-0627
- The Commission for Architecture and the Built Environment (CABE)* [interaktyvus] 2008. [žiūrėta 2008 m. rugsėjo 10 d.] prieiga per internetą: < www.cabe.org.uk > .
- Tommerup, H.; Svendsen, S. 2006. Energy savings in Danish residential building stock. *Energy and Buildings* 38(6): 618-626.
- Topaloglou, N., Vladimirov, H., Zenios, S.A. A Dynamic Stochastic Programming Model for International Portfolio Management. *European Journal of Operational Research*, 185(3): 1501-1524.
- Triantaphyllou, E. 2000. *Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study*. Springer. 288 p.

- Trosset, M.W. 2000. *On the use of direct search methods for stochastic optimization*: Technical report, Department of Computational and Applied Mathematics, Rice University.
- Turskis, Z. 2008. Multi-attribute contractors ranking method by applying ordering of feasible alternatives of solutions in terms of preferability technique. *Technological and Economic Development of Economy* 14(2): 224–239.
- Turskis, Z.; Ambrasas, G.; Kalibatas, D.; Barvidas, A. 2007. Multiple criteria decision support system model for construction works technological cards designing. Proc. of the 9th International Conference „Modern Building Materials, Structures and Techniques, 1: 381–391.
- Turskis, Z.; Zavadskas, E.K.; Zagorskas, J. 2006. Sustainable city compactness evaluation on the basis of GIS and Bayes rules. *International Journal of Strategic Property Management* 10: 185–207.
- Ustinovičius, L. 2003. *Statybos investicijų efektyvumo nustatymo sprendimų paramos sistema*: habilitacinis darbas. Vilniaus Gedimino technikos universitetas. Vilnius: Technika. 143 p.
- Ustinovičius, L.; Andruškevičius, A.; Kutut, V.; Balcevič, R.; Barvidas, A. 2005. Inžinierinių ir statybos projektavimo darbų sandorių verbalinė analizė. *Ūkio technologinis ir ekonominis vystymas*. XI(1): 36–49.
- Ustinovičius, L.; Andruškevičius, A.; Migilinskas, A.; Barvidas, A.; 2007a. Verbal anglysis of engineering and construction contracts. *Engeneria Civil* 28: 5–18.
- Ustinovičius, L.; Barvidas, A.; Ashihmin, I. 2007c. Verbal anglysis of DSS UniComBOS for engineering Project models. *Proc. of the 9th International Conference „Modern Building Materials, Structures and Techniques* 1: 392–400.
- Ustinovičius, L.; Shevchenko, G.; Kochin, D.; Simonavichienė, R. 2007b. Classification of the Investment Risk In Construction. *Lecture Notes in Computer Science* 4674: 209–216.
- Viteikiene, M. 2006. Sustainable residential areas evaluation. *Technological and Economic Development of Economy* 12(2): 152–160.
- Viteikiene, M.; Zavadskas, E.K. 2007. Evaluating the sustainability of Vilnius city residential areas. *Journal of Civil Engineering and Management* 13(2): 149–155.
- Wall, M. 2006. Energy-efficient terrace houses in Sweden. *Energy and Buildings* 38 (6): 627–634.
- WCED – *World Commission on Environment and Development*. 1987. Our common future. Oxford University Press.
- Wong, L. T.; Mui, K. W.; Hui, P.S. 2006. A statistical model for characterizing common air pollutants in air-conditioned offices. *Atmospheric Environment* 40: 4246–4257.

- Zavadskas, E. K.; Antucheviciene, J. 2006. Development of an indicator model and ranking of sustainable revitalization alternatives of derelict property: a Lithuanian case study. *Sustainable Development* 14(5): 287–299.
- Zavadskas, E. K.; Antucheviciene, J. 2007. Multiple criteria evaluation of rural building's regeneration alternatives. *Building and Environment* 42(1): 436–451.
- Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Kaklauskienė, J. 2007. Modelling and forecasting of a rational and sustainable development of Vilnius: emphasis on pollution. *Int. J. Environment and Pollution* 30(3/4) : 485–500.
- Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Raslanas, S. 2004. Evaluation of investments into housing renovation, *International Journal of Strategic Property Management* 8(3): 177–190.
- Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Turskis, Z.; Tamosaitiene, J. 2008b. Selection of the effective dwelling house walls by applying attributes values determined at intervals. *Journal of Civil Engineering and Management* 14(2): 85–93.
- Zavadskas, E. K.; Raslanas, S.; Kaklauskas, A. 2008a. The selection of effective retrofit scenarios for panel houses in urban neighborhoods based on expected energy savings and increase in market value: *The Vilnius case. Energy and Buildings* 40(4): 573–587.
- Zavadskas, E. K.; Turskis, Z.; Tamosaitiene, J.; Marina, V. 2008c. Multicriteria selection of project managers by applying grey criteria. *Technological and Economic Development of Economy* 14(4): 462–477.
- Zavadskas, E. K.; Vilutiene, T. 2006. A multiple criteria evaluation of multi-family apartment block's maintenance contractors: I-Model for maintenance contractor evaluation and the determination of its selection criteria. *Building and Environment* 41(5): 621–632.
- Zavadskas, E.; Vaigauskas, E. 1985. *Sprendimų priėmimo teorijos metodų taikymas ruošiant statybą*. Vilnius.
- Zimmermann, H. J. 1996. *Fuzzy Set Theory and Its Applications*. Kluwer Academic Publishers, Third Revised Edition, Boston, MA, USA. 435.
- Бешелев, С. Д.; Гурвич Ф. Г. 1980. *Математико-статистические методы экспертных оценок*. Москва: Статистика. 163.
- Yoon, K., Hwang C. L. 1981. TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to ideal Solution). A Multiple Attribute Decision Making, w: Multiple Attribute Decision Making - Methods and Applications, A State-of-the-Art Survey, Hwang C. L., Yoon K., Springer Verlag, Berlin, 1981, 128-140 p.

Autoriaus mokslinių publikacijų disertacijos tema sąrašas

Straipsniai recenzuojamuose mokslo žurnaluose

Šarka, V.; Zavadskas, E. K.; Ustinovičius, L.; Šarkienė, E.; Ignatavičius, Č. 2008. System of project multicriteria decision synthesis in construction, *Technological and Economic Development of Economy: Baltic Journal on Sustainability*. 4(14): 546-565. (ISI Web of Science). ISSN 1392-8619.

Šarka, V.; Šarkienė, E.; Budinas, S. 2005. Model of investment evaluation of public building based on multiple criteria decision synthesis methods. *Transport and Telecommunication*. 6(1): 172-182. ISSN 1407-6160.

Šarkienė, E.; Ustinovičius, L.; Šarka, V. 2005. Model of selection architectural solutions in housing construction based on multiple criteria decision synthesis methods. *Foundations of Civil and Environmental Engineering*. 6: 191-202. ISSN 1642-9303.

Ustinovičius, L.; Šarkienė, E. 2006. The analysis of apartment house construction investments efficiency applying mathematical modelling. *Transport and Telecommunication*. 7(1): 97-105. ISSN 1407-6160.

Ustinovičius, L.; Šarkienė, E.; Šarka, V. 2003. Individualių namų architektūrinių sprendimų modelis, taikant daugiakriterinius sintezės metodus. *Ūkio technologinis ir ekonominis vystymas*. IX(1): 18-26. ISSN 1392-8619.

Straipsniai kituose leidiniuose

Šarka, V.; Budinas, S.; Šarkienė, E. 2004. Model of economic evaluation of hotel construction based on multiple criteria decision synthesis methods, in *The 8th International conference "Modern building materials, structures and techniques"*. Vilnius: Technika, 260-267. (ISI Proceedings). ISBN 9986057574.

Šarka, V.; Zavadskas, E. K.; Ustinovičius, L.; Šarkienė, E.; Migilinskas, D. 2006. Method of project multicriteria decision synthesis in construction. *Badania operacyjne i systemowe 2006. Metody i techniki*. Warszawa: EXIT, 131-142. ISBN 8360434204.

Šarkienė, E.; Šarka, V.; Ustinovičius, L. 2006. A model for evaluating the investment in the construction of dwelling houses based on multiple criteria decision synthesis methods. *Multiple criteria decision making '05, scientific publications, edited by Tadeusz Trzaskalik*,. Katowice: Publisher of the Karol Adamiecki University of Economics in Katowice, 233-250. ISBN 8372468435.

Šarkienė E. 2003. Individualių gyvenamųjų namų architektūrinių sprendimų parinkimo modelis, taikant daugiakriterinius sintezės metodus, iš *6-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Lietuva be mokslo – Lietuva be ateities“* medžiaga. Vilnius:Technika, 76-81. ISBN 9986-05-618-7.

Šarkienė E. 2002. Efektyvių architektūrinių sprendimų panaudojimo individualių namų statybos versle modelis, iš *5-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Lietuva be mokslo – Lietuva be ateities“* medžiaga. Vilnius:Technika, 86-91. ISBN 9986-05-559-8.

Šarkienė, E. 2004 . Matematinio modeliavimo taikymas nustatant gyvenamųjų pastatų investicijų efektyvumą, iš *Statyba, 7-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Lietuva be mokslo – Lietuva be ateities“* medžiaga. Vilnius: Technika, 49-52. ISBN 9986057752.

Šarkienė, E.; Gaigalaitė, L. 2005. Vilniaus miesto gyvenamųjų objektų rinkos analizė ir vystymosi tendencijos priklausomai nuo dislokacijos vietos, iš *Statyba, 8-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Lietuva be mokslo – Lietuva be ateities“* medžiaga. Vilnius: Technika, 331-336. ISBN 9986058937.

Viteikienė, M.; Šarkienė, E. 2006. Darnaus miesto gyvenamojo rajono vystymasis, iš *Statyba, 9-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas - Lietuvos ateitis“* medžiaga. Vilnius: Technika, 344-349. ISBN 9955280476.

Priedai

Priedai pateikiami kompaktiniame diske.

A priedas Anketa gyvenimo kokybės rodiklių svarbai nustatyti

B priedas Ekspertinės lentelės skirtos integruotų rodiklių reikšmėms nustatyti

C priedas Ekspertinės lentelės skirtos rodiklių svarbai nustatyti

D priedas Matematinio modeliavimo priklausomybės ir rizikos zonų nustatymo lentelės ir grafikai.

Edita ŠARKIENĖ

RACIONALIAUS INVESTAVIMO Į VIENBUČIŲ GYVENAMŲJŲ NAMŲ STATYBĄ
SPRENDIMŲ MODELIS

Daktaro disertacija

Technologijos mokslai,
statybos inžinerija (02T)

MODEL OF SOLUTIONS OF RATIONAL INVESTMENTS TO SINGLE FAMILY
DWELLING-HOUSING

Doctoral Dissertation

Technological Sciences,
Civil Engineering (02T)

2010 07 21. 11,25 sp. l. 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, 01115 Vilnius