

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Andrej NAUMČIK

**NEUROMARKETINGO METODŲ TAIKYMAS
STATYBOS IR NEKILNOJAMOJO TURTO
PROJEKTAMS VERTINTI**

DAKTARO DISERTACIJA

TECHNOLOGIJOS MOKSLAI,
STATYBOS INŽINERIJA (T 002)

Vilnius, 2021

Disertacija rengta 2016–2021 metais Vilniaus Gedimino technikos universitete.

Vadovas

prof. habil. dr. Edmundas Kazimieras ZAVADSKAS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, statybos inžinerija – T 002).

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

Pirmininkas

prof. dr. Marija BURINSKIENĖ (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, statybos inžinerija – T 002).

Nariai:

doc. dr. Nerija BANAITIENĖ (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, statybos inžinerija – T 002),

dr. Tomas BALEŽENTIS (Vilniaus universitetas, informatikos inžinerija – T 007),

habil. dr. Edyta Anna PLEBANKIEWICZ (Krokvos technologijos universitetas, Lenkija, statybos inžinerija – T 002),

doc. dr. Laura TUPĖNAITĖ (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, statybos inžinerija – T 002).

Disertacija bus ginama viešame Statybos inžinerijos mokslo krypties disertacijos gynimo tarybos posėdyje **2021 m. liepos 7 d. 9 val.**

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

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

Pranešimai apie numatomą ginti disertaciją išsiųsti 2021 m. birželio 4 d.

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

Vilniaus Gedimino technikos universiteto 2021-029-M mokslo literatūros knyga

doi:10.20334/2021-029-M

© Vilniaus Gedimino technikos universitetas, 2021

© Andrej Naumčik, 2021

andrej.naumcik@capitalrealty.com

VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY

Andrej NAUMČIK

APPLICATION OF NEUROMARKETING
METHODS FOR THE EVALUATION OF
CONSTRUCTION AND REAL ESTATE
PROJECTS

DOCTORAL DISSERTATION

TECHNOLOGICAL SCIENCES,
CIVIL ENGINEERING (T 002)

Vilnius, 2021

Doctoral dissertation was prepared at Vilnius Gediminas Technical University in 2016–2021.

Scientific Supervisor

Prof. Dr Habil. Edmundas Kazimieras ZAVADSKAS (Vilnius Gediminas Technical University, Civil Engineering – T 002).

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

Chairman

Prof. Dr Marija BURINSKIENĖ (Vilnius Gediminas Technical University, Civil Engineering – T 002).

Members:

Assoc Prof. Dr Nerija BANAITIENĖ (Vilnius Gediminas Technical University, Civil Engineering – T 002),

Dr Tomas BALEŽENTIS (Vilnius University, Informatics Engineering – T 007),

Habil. Dr Edyta Anna PLEBANKIEWICZ (Cracow University of Technology, Poland, Civil Engineering – T 002),

Assoc Prof. Dr Laura TUPĖNAITĖ (Vilnius Gediminas Technical University, Civil Engineering – T 002).

The dissertation will be defended at the public meeting of the Dissertation Defence Council of Civil Engineering in the Senate Hall of Vilnius Gediminas Technical University at **9 a. m. on 7 July 2021**.

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

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

A notification on the intend defending of the dissertation was send on 4th June 2021.

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

Reziუმэ

Disertacijoje teoriniu ir praktiniu lygmenimis nagrinėjamos neuromarketingo taikymas statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje. Tyrimų objektas – neuromarketingo, kaip vartotojų pasirinkimus aiškinančio fenomeno, taikymas statybos ir nekilnojamojo turto projektams vertinti. Disertaciniam darbui keltas tikslas – sukurti neuromarketingo principais grįstą modelį, skirtą vartotojų lūkesčius atitinkančio energiškaai efektyvaus gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objektui parinkti.

Uždaviniai: 1) išanalizuoti neuromarketingo sampratą, identifikuoti neuromarketingo taikymo sritis, statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje kylančius iššūkius ir jų sprendimo potencialą remiantis neuromokslais, išgryninti neuromokslų naudojimo statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje problemas, atlikti kritinę statybos bei nekilnojamojo turto rinkos tyrimuose taikytinų neuromarketingo metodų analizę; 2) suformuoti neuromarketingo principais grįstą energiškaai efektyvaus nekilnojamojo turto parinkimo modelį, pagrindžiant modelio taikymo etapus, reikalingą įrangą, duomenis, požymius; 3) empiriškai patikrinti neuromarketingo principais grįsto modelio pritaikomumą energiškaai efektyvaus nekilnojamojo turto rinkoje.

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

Įvadiniame skyriuje suformuluota problema, atskleistas darbo aktualumas, aprašytas tyrimų objektas, suformuluoti darbo tikslas ir uždaviniai, aprašyta tyrimų metodika, pagrįstas darbo mokslinis naujumas, atskleista darbo rezultatų praktinė reikšmė, pateikti ginamieji teiginiai.

Pirmasis skyrius skirtas teorinių neuromarketingo sprendimų taikymui statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje pagrįsti. Skyriuje pateiktos neuromokslų naudojimo statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje iššūkių; išanalizuoti statybos ir nekilnojamojo turto rinkos tyrimuose taikytini neuromarketingo metodai. Antrajame skyriuje pateiktas neuromarketingo taikymo energiškaai efektyvaus nekilnojamojo turto rinkoje modelis. Trečiajame skyriuje siūlomas modelis patikrintas energiškaai efektyvaus nekilnojamojo turto atveju empiriniu tyrimu.

Disertacijos tema paskelbti 7 straipsniai: 6 iš jų mokslo žurnaluose (iš jų 3 referuojami *Clarivate Analytics Web of Science* duomenų bazėje), 1 – konferencijos medžiagoje. Disertacijos tema perskaityti 2 pranešimai tarptautinėse konferencijose, 1 – nacionalinėje konferencijoje.

Abstract

The doctoral dissertation deals with the application of neuromarketing at the theoretical and practical levels in the real estate field. Neuromarketing as a phenomenon that explains customers' choices is the research object. The aim raised for the doctoral research was to design a model based on neuromarketing principles that intends to select energy-efficient real estate that matches customers' expectations.

Objectives: 1) to analyze the concept of neuromarketing, to identify the fields of application of neuromarketing, to identify the challenges that occur in the construction and real estate market as well as the potential to solve them by using neurosciences and to specify the problems of application of neurosciences in the real estate market and to carry out a critical analysis of neuromarketing techniques applicable in construction and real estate market research; 2) to form a model based on neuromarketing principles that could be applied in the energy-efficient real estate market and to base the stages of model's application, necessary technologies, data, and features; 3) to empirically test the applicability of the model based on neuromarketing principles in the energy-efficient real estate market.

The doctoral thesis consists of the introduction, three chapters, general conclusions, lists of referred literature and sources, authors' publications on the topic of the doctoral dissertation.

The introductory chapter formulates the problem, reveals the relevance of the research, identifies object of the research, formulates the aim and tasks of the research, describes the research methodology, presents scientific novelty of the research, reveals the practical value of the research findings, presents the defended propositions.

The first chapter is dedicated to the substantiation of the application of theoretical neuromarketing solutions in the real estate market. This chapter presents the challenges in the use of neurosciences in the real estate marketing, analyses the techniques of neuromarketing applicable in research on the real estate market. The second chapter presents the model of neuromarketing techniques applicable in the energy-efficient real estate market. In the third chapter, the proposed model has been tested by empirical research for energy-efficient real estate.

7 articles were published on the topic of the doctoral dissertation: 6 of them were published in scientific journals (3 out of them are referred in Clarivate Analytics Web of Science database), 1 – in a the conference proceedings. 2 presentations on the topic of the dissertation were presented at international conferences, 1 at a national conference.

Žymėjimai

Simboliai

e – ciklų skaičius;

i_{ij} – kiekybinės x_{ij} rodiklio rekomendacijos, rodančios galimus rodiklio x_i reikšmės pagerinimus procentine išraiška, siekiant, kad rodiklis taptų lygus didžiausiai $x_{i \max}$ rodiklio x_i reikšmei;

m – rodiklių skaičius;

n – lyginamų variantų skaičius;

N_j – naudingumo laipsnis;

p – reikšmingumas;

q_i – i rodiklio reikšmingumas;

p – reikšmingumo lygmuo;

r – dydis, kuriuo cikliniu būdu didinamas nagrinėjamo projekto rodiklis, kol bus patenkinta nelygybė;

s – tikslumas (%);

S_{+j} – nagrinėjamo objekto privalumai;

x_{ij} – i rodiklio reikšmė j sprendimo variante.

Santrumpos

ADFES – Amsterdamo dinaminės veido išraiškos rinkinys (angl. *Amsterdam dynamic facial expression set*);
AG – pyktis;
AR – susijaudinimas;
BDAR – Bendrasis duomenų apsaugos reglamentas;
CO – anglies monoksidas;
Deoxy-Hb – deguonies neprisotintas hemoglobinas;
DG – pasibjaurėjimas;
fMRI – funkcinis magnetinis rezonansas (angl. *Functional magnetic resonance imaging*);
fNIRS – funkcinė pusiau infraraudonoji spektroskopija (angl. *Functional near-infrared spectroscopy*);
HBT – bendras hemoglobinas;
HP – laimė;
HR – širdies ritmas;
INVAR – projekto naudingumo ir investicinės vertės įvertinimo laipsnio nustatymo metodas;
IT – susidomėjimas;
KD – kietosios dalelės;
KMI – kūno masės indeksas;
MS – magnetinės audros;
NO₂ – azoto dioksidas;
O₃ – ozonas;
Oxy-Hb – deguonies prisotintas hemoglobinas;
PPC – Pearsono koreliacijos koeficientas;
PPG – fotopletismografija;
RPM – kvėpavimo dažnis;
SC – išgąstis;
SD – liūdesys;
SO₂ – sieros dioksidas;
SP – nuostaba;
VL – valentingumas;
WSEFEP – Varšuvos emocinių veido išraiškos paveikslėlių rinkinys (angl. *Warsaw Set of Emotional Facial Expression Pictures*).

Turinys

ĮVADAS	1
Problemos formulavimas.....	1
Darbo aktualumas.....	2
Tyrimų objektas	2
Darbo tikslas.....	2
Darbo uždaviniai	2
Tyrimų metodika.....	3
Darbo mokslinis naujumas	3
Darbo rezultatų praktinė reikšmė	4
Ginamieji teiginiai.....	4
Darbo rezultatų aprobavimas.....	5
Disertacijos struktūra.....	5
1. TEORINIAI NEUROMARKETINGO TAIKYMO STATYBOS IR NEKILNOJAMOJO TURTO RINKOJE ASPEKTAI	7
1.1. Neuromarketingo raida ir samprata	9
1.2. Neuromarketingo taikymo sritys	12
1.3. Statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje kylantys iššūkiai ir jų sprendimo potencialas, naudojant neuromarketingą	16

1.4. Neuromarketingo naudojimo statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje problemos.....	18
1.5. Statybos ir nekilnojamojo turto rinkos tyrimuose taikytini neuromarketingo metodai.....	21
1.5.1. Momentiniai metodai, skirti elektroninių neuronų veiklos pokyčiams matuoti.....	23
1.5.2. Metodai, skirti metabolinių neuronų veiklos pokyčiams matuoti.....	27
1.5.3. Metodai, skirti psichologinio atsako į marketingo stimulų pokyčiams matuoti.....	30
1.6. Pirmojo skyriaus išvados ir disertacijos uždavinių formulavimas.....	35
2. NEUROMARKETINGO TAIKYMO ENERGIŠKAI EFEKTYVAUS NEKILNOJAMOJO TURTO RINKOJE MODELIAVIMAS.....	37
2.1. Neuromarketingo taikymo nekilnojamojo turto rinkoje etapai ir reikalingos techninės įrangos specifikacija.....	38
2.2. Duomenų rinkimas neurosprendimų priėmimo matricai parengti.....	41
2.3. INVAR metodo taikymas.....	42
2.4. Psichologinių ir demografinių požymių tikslumo vertinimas.....	49
2.5. Antrojo skyriaus išvados.....	51
3. NEUROMARKETINGO TAIKYMAS ENERGIŠKAI EFEKTYVAUS NEKILNOJAMOJO TURTO PROJEKTUI PARINKTI.....	53
3.1. Nagrinėjami energiška efektyvūs gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto projektai.....	54
3.2. Oro taršos ir triukšmo matavimo rezultatai.....	55
3.3. Potencialių pirkėjų depersonalizuotų emocinių ir psichologinių būsenų matavimo rezultatai.....	57
3.4. Keturių energiška efektyvių gyvenamųjų namų projektų daugiakriterė neuroanalizė.....	59
3.5. Širdies ritmas ir priklausomų kintamųjų analizė.....	71
3.6. Trečiojo skyriaus išvados.....	72
BENDROSIOS IŠVADOS.....	75
LITERATŪRA IR ŠALTINIAI.....	77
AUTORIAUS MOKSLINIŲ PUBLIKACIJŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS.....	89
SUMMARY IN ENGLISH.....	91
PRIEDAI ¹	107
A priedas. Neurosprendimų matrica (vyrų grupė).....	111

¹ Priedai pateikiami pridėtoje kompaktinėje plokštelėje.

B priedas. Neurosprendimų matrica (moterų grupė).....	112
C priedas. Neurosprendimų matrica (šeimų grupė).....	113
D priedas. Širdies ritmo ir kitų kintamųjų koreliacinės analizės rezultatai	115
E priedas. Disertacijos autoriaus sąžiningumo deklaracija.....	117
F priedas. Bendraautorių sutikimai teikti publikacijų medžiagą disertacijoje.....	118
G priedas. Autoriaus mokslinių publikacijų disertacijos tema kopijos	119

Contents

INTRODUCTION	1
Formulation of the Problem	1
Relevance of the Research	2
Object of the Research	2
Aim of the Research.....	2
Tasks of the Research.....	2
Research Methodology.....	3
Scientific Novelty of the Research	3
Practical Value of the Research Findings.....	4
Defended Statements.....	4
Approval of the Research Findings	5
Structure of the Dissertation.....	5
1. THEORETICAL ASPECTS OF THE APPLICATION OF NEUROMARKETING IN THE CONSTRUCTION AND REAL ESTATE MARKET.....	7
1.1. Development and Concept of Neuromarketing	9
1.2. Areas of Application of Neuromarketing	12
1.3. Challenges Occurring in the Construction and Real Estate Market and Potential for Solution of Them by Using Neuromarketing	16
1.4. Problems of the Use of Neuromarketing in the Construction and Real Estate Market	18

1.5. Neuromarketing Techniques That Are Applicable in Research on the Construction and Real Estate Market.....	21
1.5.1. Momentary Techniques Intended for the Measurement of Changes in the Activity of Electronic Neurons.....	23
1.5.2. Techniques Intended for the Measurement of Changes in the Activity of Metabolic Neurons.....	27
1.5.3. Techniques Intended for the Measurement of Changes in a Psychological Response to the Marketing Stimulus	30
1.6. Conclusions of the Chapter 1 and Formulation of the Tasks of the Thesis	35
2. MODELLING OF NEUROMARKETING APPLICATION IN THE ENERGY-EFFICIENT REAL ESTATE MARKET	37
2.1. Stages of the Application of Neuromarketing in the Construction and Real Estate Market and Specification of Required Technical Equipment.....	38
2.2. Designing of the Matrix for Making Neurodecisions.....	41
2.3. Application of the INVAR Method.....	42
2.4. Assessment of Preciseness of Psychological and Demographic Characteristics	49
2.5. Conclusions of the Chapter 2	51
3. APPLICATION OF NEUROMARKETING FOR THE CHOICE OF THE PROJECT OF ENERGY EFFICIENT REAL ESTATE	53
3.1. Projects of Energy-Saving Housing under the Investigation	54
3.2. Results of the Measurement of Air Pollution and Noise	55
3.3. Results of the Measurement of Depersonalised Emotional-Psychological Conditions of Potential Consumers.....	57
3.4. Multiple-Criteria Neuroanalysis of Four Projects of Energy-Saving Housing	59
3.5. Heart Rate and the Analysis of Dependent Variables	71
3.6. Conclusions of the Chapter 3	72
GENERAL CONCLUSIONS	75
REFERENCES AND SOURCES.....	77
LIST OF SCIENTIFIC PUBLICATIONS BY THE AUTHOR ON THE TOPIC OF THE DISSERTATION	89
SUMMARY IN ENGLISH.....	91
ANNEXES ²	107
Annex A. Neuro decisions matrix (men group)	111
Annex B. Neuro decisions matrix (women grupè).....	112

² The annexes are supplied in the enclosed compact disc.

Annex C. Neuro decisions matrix (families group).....	113
Annex D. Results of correlation analysis between heart rate and other criteria	115
Annex E. Declaration of Academic Integrity	117
Annex F. Coauthors Agreements to Present Publications Material in the Dissertation	118
Annex G. Copies of Scientific Publications by the Author on the Topic of the Dissertation	119

Įvadas

Problemos formulavimas

Statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje jau seniai nebepakanka parengti objekto projekto ir jį įgyvendinti. Kaip ir kituose verslo sektoriuose, be egzistuojančių technologinio pobūdžio iššūkių, susiduriama su objektų pateikimo į rinką problemomis, kurių įveikai tikslingais tampa neuromarketingo principais grįsti metodai. Šie metodai, priimant marketingo sprendimus, taikomi įvairiuose sektoriuose: telekomunikacijų (Adhami, 2013), maisto (Tichy et al., 2012; Cosic, 2016; Stasi et al., 2018; Hsu ir Chen, 2020), kosmetikos (Costa et al., 2015), turizmo (Boz et al., 2017; Bastiaansen et al., 2018; Hsu ir Chen, 2020) ir kituose. Neuromokslų metodai taikyti ir inžineriniams sprendimams priimti (Hu et al., 2018; Shealy ir Hu, 2018; Hu ir Shealy, 2019). Neuromarketingas ir jo metodai turi didžiulį neišnaudotą potencialą ir statybos bei nekilnojamojo turto rinkoje, tad šiame darbe siekiama atskleisti neuromokslų taikymo galimybes minėtoje srityje. Šiame darbe sprendžiama neuromarketingo taikymo statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje problema, atsakant į aktualų mokslui klausimą, sudarantį sprendžiamos mokslinės problemos pagrindą: koks neuromarketingo metodų taikymo potencialas statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje?

Darbo aktualumas

Neuromarketingas – tai naujas tarpdisciplininių tyrimų laukas, peržengiantis neuromokslo, neuroekonomikos ir marketingo tyrimų ribas (Ulman et al., 2015). Palyginti neseniai atsiradę neuromarketingo metodai sudaro prielaidas iš esmės kitaip, kiekybiškai pažinti žmogaus elgseną sprendimo priėmimo proceso metu. Tokių metodų, kaip elektroencefalografija, funkcinis magnetinis rezonansas, žvilgsnio fiksavimas, taikymas sudaro galimybes surinkti duomenis apie neurologinius atsakus žmogaus smegenyse. Duomenys gaunami vartotojų tiesiogiai nesiteiraujant apie jų mintis, jausmus, atsiminimus, vertinimus ar sprendimų priėmimo strategijas. Neuromarketingas – itin perspektyvi tyrimų sritis, turinti potencialą tapti ne tik naujų marketingo teorijų pagrindu ar egzistuojančių teorijų papildiniu, bet ir esminiu kitų susijusių sričių elementu.

Nekilnojamojo turto sektorius – sudėtingas fenomenas, kuris nėra iki galo paaiškintas. Disertaciniame darbe gilinamasi, kaip šiame sektoriuje veikiantys subjektai galėtų įgyti pranašumą, pasitelkdami neuromarketingo metodus sprendimų dėl nekilnojamojo turto pasirinkimo priėmimo procesuose.

Tyrimų objektas

Darbo tyrimų objektas – neuromarketingo, kaip vartotojų pasirinkimus aiškinančio fenomeno, taikymas statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje.

Darbo tikslas

Šio darbo tikslas – sukurti neuromarketingo principais grįstą modelį, skirtą vartotojų lūkesčius atitinkančio energiška efektyvaus gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objekto parinkimui. Orientuojamasi į lanksčiai taikomą modelį, kurį prareikus būtų galima adaptuoti ir energinio efektyvumo charakteristikomis nepasižyminčiam ir (ar) ne gyvenamosios paskirties nekilnojamajam turtui.

Darbo uždaviniai

Darbo tikslui pasiekti sprendžiami tokie uždaviniai:

1. Išanalizuoti neuromarketingo sampratą, identifikuoti neuromarketingo taikymo sritis, identifikuoti statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje kylančius iššūkius ir jų sprendimo potencialą remiantis neuromokslais,

išgryninti neuromokslų naudojimo statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje problemas, atlikti kritinę statybos ir nekilnojamojo turto rinkos tyrimuose taikytinų neuromarketingo metodų analizę.

2. Suformuoti neuromarketingo principais grįstą energiškaai efektyvaus nekilnojamojo turto parinkimo modelį, pagrindžiant modelio taikymo etapus, reikalingą įrangą, duomenis, požymius.
3. Empiriškai patikrinti neuromarketingo principais grįsto modelio pritaikomumą energiškaai efektyvaus nekilnojamojo turto rinkoje.

Tyrimų metodika

Neuromarketingo sampratai ir raidai nagrinėti taikyti istorinis, koncepto analizės metodai. Taikyti sisteminės ir lyginamosios analizės, logikos ir sintezės metodai leido sugrupuoti statybos ir nekilnojamojo turto rinkos tyrimuose taikytinus neuromarketingo metodus. Neuromarketingo principais grįsto energiškaai efektyvaus nekilnojamojo turto rinkoje modeliui parengti taikyti tokie metodai: matematinis modeliavimas, loginė analizė ir sintezė. Empirinio tyrimo duomenims surinkti atlikta nuotolinė fotoplezografija, naudojant „FaceReader 7.1“ su papildomu nuotoliniu fotoplezografijos moduliu, kvėpavimo jutikliu, infraraudonųjų spindulių kamera ir patalpoje esančia mini kupolo IP kamera. Atlikta daugiakriterė analizė taikant INVAR metodą. Empiriniams tyrimams taip pat taikyti šie kiekybiniai ir kokybiniai tyrimų metodai: aprašomosios statistikos, statistinės analizės, lyginamosios analizės ir sintezės, apibendrinimo. Rezultatams apdoroti taikyta ir koreliacinė analizė.

Darbo mokslinis naujumas

Pasiekti šie statybos inžinerijos mokslui svarbūs rezultatai:

1. Susisteminus žinias apie dažniausiai pateikiamas neuromarketingo sampratos interpretacijas nulėmusias koncepcijas, aiškinančias neuromarketingą, pasitelkiant vartotojų neuromokslus ir tiesioginį neurovaizdavimą, papildytas mokslinis šio reiškinio pažinimas.
2. Išnagrinėjus naujausius mokslinius tyrimus neuromarketingo srityje, suklasifikuotos pagrindinės neuromarketingo metodų grupės ir išryškinti atskirų metodų taikymo nekilnojamojo turto sektoriuje sėkmės atvejai ir ypatumai.
3. Pasiūlyta metodika gali būti lanksčiai taikoma ne tik energiškaai efektyvaus gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objektams, bet ir kitų

tipų, paskirties nekilnojamojo turto objektų, atitinkančių vartotojų preferencijas, parinkimui.

4. Pasiūlytas kiekybinis neuromarketingo principais grįsto energiškaai efektyvaus nekilnojamojo turto rinkoje modelis sukuria prielaidas adekvačiai įvertinti oro taršą, triukšmą, išmatuoti potencialių pirkėjų depersonalizuotas emocines ir psichologines būsenas, širdies plakimo dažnius. Tai sudaro prielaidas gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objekto pirkėjui realiuoju laiku pasiūlyti jo poreikius ir lūkesčius atitinkantį nekilnojamojo turto objektą.

Darbo rezultatų praktinė reikšmė

Sukurtas neuromarketingo principais grįstas modelis taikytinas, siekiant realiu laiku potencialiam energiškaai efektyvaus gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto pirkėjui pasiūlyti jo poreikius ir lūkesčius atitinkantį objektą. Parengtas neuromarketingo principais grįstas modelis leidžia tiksliai ir greitai surinkti duomenis apie geografinius, demografinius, psichologinius gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto vartotojų kriterijus nedidelėmis darbo sąnaudomis, todėl laikytinas patrauklia priemone organizacijų vadovams ir marketingo specialistams. Atlikto empirinio tyrimo, kurio metu buvo vertintos praeivių reakcijos į energiškaai efektyvius gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objektus, rezultatai parodė, kad sukurto modelio taikymas sudaro prielaidas pagal potencialių pirkėjų depersonalizuotas emocines psichologines būsenas, širdies plakimo dažnius tiksliau, greičiau ir objektyviau vertinti potencialių gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objektų pirkėjų poreikius tiek nekilnojamojo turto objekto charakteristikoms, tiek jų kainai. Modelis gali būti taikomas įvairiuose statybos ir nekilnojamojo turto rinkos segmentuose, t. y. dirbant tiek su fiziniais, tiek su juridiniais asmenimis.

Ginamieji teiginiai

1. Parengtas neuromarketingo principais grįstas modelis, sudarantis prielaidas segmentuoti potencialius nekilnojamojo turto pirkėjus pagal jų demografines, fiziologines charakteristikas, neuromarketingo metodų fone yra pranašus suteikiamomis galimybėmis parengti labiausiai su potencialių pirkėjų poreikiais derančius gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto parinkimo sprendimus.

2. Siekiant nustatyti, kur žmonės norėtų gyventi, tikslinga atlikti rinkos segmentavimą pagal geografinius, demografinius, psichologinius, vartotojų elgsenos kriterijus, remiantis somatinio žymens hipoteze.
3. Pasiūlytas neuromarketingo metodas yra tinkamas, siekiant parinkti optimalius energiškai efektyvaus taupančio pastato marketingo komunikacijos sprendimus, atsižvelgiant į potencialios rinkos gyvenimo patirties, charakterio bruožų ir amžiaus skirtumus.

Darbo rezultatų aprobavimas

Disertacijos tema išspausdinti 7 straipsniai, 6 iš jų – recenzuojamuose mokslo žurnaluose (3 iš jų referuojami *Clarivate Analytics Web of Science* duomenų bazėje). Disertacijos tyrimų rezultatai viešinti 2 tarptautinėse ir 1 nacionalinėje mokslinėse konferencijose:

1. Pranešimas tarptautinėje konferencijoje Stambule, Turkijoje “International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICCEE)”, 2019 01 20–21. Pranešimo tema “Determining of the most critical factors to stakeholders in real estate investment”.
2. Pranešimas tarptautinėje konferencijoje Vilniuje, Lietuvoje “13th International Conference on Modern Building Materials, Structures and Techniques”, 2019 05 16–17. Pranešimo tema “Evaluation of investing in real estate in EU and non EU countries based on MCDM”.
3. Pranešimas konferencijoje Vilniuje, Lietuvoje 23-ioji Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencija „Mokslas – Lietuvos ateitis“. „Statyba“, sekcija „Statybos valdymas ir nekilnojamasis turtas“, 2019-05-08. Pranešimo tema „Neuromokslų taikymo galimybės būsto plėtros srityje“.

Disertacijos struktūra

Disertaciją sudaro įvadas, trys skyriai ir bendrosios išvados. Darbo apimtis – 106 puslapiai. Tekste panaudotos 12 sunumeruotų formulių, 10 paveikslų ir 21 lentelė. Rengiant disertaciją panaudoti 156 literatūros ir kiti šaltiniai.

1

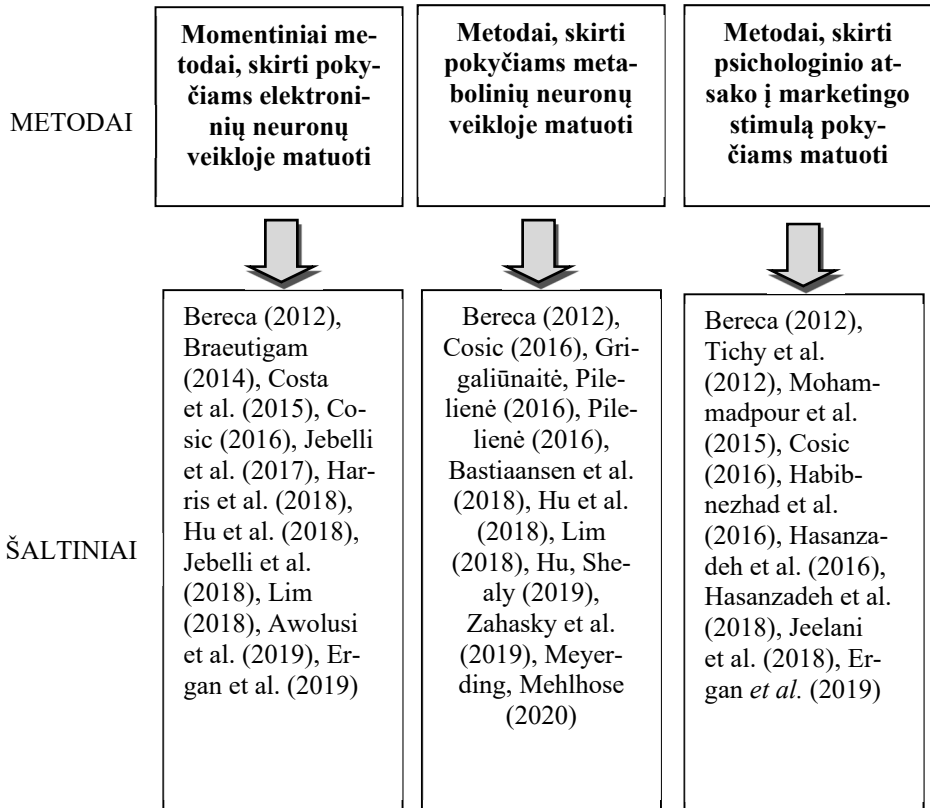
Teoriniai neuromarketingo taikymo statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje aspektai

Skyriuje išnagrinėta požiūrių į neuromarketingą formavimosi raida ir įvairovė, neuromarketingo samprata, atskleistos neuromarketingo taikymo sritys, identifiukuoti statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje kylantys iššūkiai ir jų sprendimo potencialas remiantis neuromokslais, išgrynintos svarbiausios neuromokslų naudojimo nekilnojamojo turto srityje problemos.

Neuromarketingas, kaip vartotojų sprendimus nekilnojamojo turto sektoriuje potencialiai galintis paaiškinti fenomenas, pasirinktas dėl pagrįstai formuojamų lūkesčių, kad neuromarketingo metodai taps finansine ir laiko prasmėmis naudingesni nei kiti marketingo metodai (Stasi et al., 2018). Neuromarketingas turi galimybių nekilnojamojo turto sektoriaus subjektus aprūpinti informacija, kurios nepajėgūs suteikti tradiciniai marketingo metodai.

Neuromokslų metodai sudaro prielaidas nustatyti, kur koncentruojamas dėmesys, ir įvertinti jutiminę patirtį. Šiais metodais tiriama atmintis ir mokymosi procesas. Turbūt svarbiausia, ką galima nustatyti neuromokslų metodais, – tai emocijos ir motyvacija (Cosic, 2016). Skyriuje atlikta pastarųjų kelių dešimtmečių neuromarketingo metodų analizė, aprėpianti įvairius neuromarketingo metodų tipus (1.1 pav.).

Neuromarketingo metodų mokslinis potencialas gana platus, tačiau bandymai juos pritaikyti statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje yra minimalūs, todėl šioje darbo dalyje analizuojami neuromarketingo metodai, kurie nebūtinai jau buvo taikyti statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje, tačiau potencialiai gali būti taikomi priimant su nekilnojamoju turto susijusius sprendimus.



1.1 pav. Neuromarketingo metodų klasifikacijos ir šaltiniai
Fig. 1.1. Classification of neuromarketing techniques and sources

Skyriaus tematika paskelbtas vienas autoriaus straipsnis (Naumčik, 2020).

1.1. Neuromarketingo raida ir samprata

Neuromokslas – disciplina, analizuojanti žmogaus mintis, emocijas ir elgseną – yra palyginti nauja klasikinių pažintinių mokslų, pradėjusių formuotis XX a. viduryje, koncepcija. Neuromokslus, kaip vartotojų elgsenos paaiškinimo priemonę, verslo praktikoje imta taikyti gerokai vėliau – tik maždaug prieš kelis dešimtmečius, atsiradus tokiems terminams, kaip *neuroekonomika* ir *neuromarketingas* (Ruževičiūtė, 2012). Šiuos terminus imta vartoti kaip sinonimus, tačiau neuroekonomikos ir neuromarketingo koncepcijų tikslai ir pobūdis skiriasi. Neuromarketingas – tai neuromokslų subdisciplina (Hubert ir Kenning, 2008) arba neuromokslų ir marketingo derinys (Lim, 2018).

Pirmieji bandymai neuromokslų metodus pritaikyti marketingo srityje buvo atlikti 1997 m. Harvardo universitete. Profesorius G. Zaltman (1997) pirmasis išvėlgė neuromokslų metodų taikymo potencialą marketingo problemoms spręsti. Bendradarbiaujant su Masačusetso bendrosios praktikos ligonine (angl. *Massachusetts General Hospital*), pozitronų emisijos tomografijos skeneriai buvo panaudoti trims alternatyviems marketingo stimulams paaiškinti: nerimo, pasitikėjimo ir patogumo. Tokiu būdu pirmą kartą istorijoje buvo atlikti didelio tikslumo psichinių būsenų matavimai, skirti marketingo problemoms spręsti, tačiau tuomet tai dar nebuvo įvardyta neuromarketingo koncepcija.

Neuromarketingo terminą 2002 m. pasiūlė A. Smidts (Levallois et al., 2019). Tais metais neuromarketingo tyrimų ir konsultavimo paslaugas ėmė teikti kelios JAV įmonės (Brighthouse ir SalesBrain) (Morin, 2011). Kaip pirmąjį tyrimą neuromarketingo srityje Morin (2011) mini neuromokslų profesoriaus R. Montague 2003 m. atliktą tyrimą, kuris 2004 m. buvo publikuotas leidinyje „Neuron“. Atliekant šią studiją, grupės žmonių buvo prašoma nurodyti, kurio prekės ženklo gėrimą jie vartoja – „Pepsi“ ar „Coca Cola“. Vartojant gėrimą tiriamųjų smegenys buvo skenuojamos funkcinio magnetinio rezonanso įranga. Ir nors gautos intriguojančios tyrimo išvados, R. Montague taip ir nepateikė racionalaus paaiškinimo, kaip smegenys apdoroja prekės ženklo pasirinkimus. Nepaisant to, tyrimo rezultatai atskleidė, kokios smegenų dalys „dirba“, kai vartotojai žino arba nežino apie prekės ženklą, kurį vartoja (Morin 2011). Nuo to laiko tyrėjų ir tarptautinių organizacijų dėmesys neuromarketingui didėjo. Kaip pažymi Ulman et al. (2015), neuromarketingą, kaip tyrimų objektą, nagrinėjusių publikacijų per 2000–2010 m. laikotarpį padaugėjo nuo 10 iki 250. Neuromarketingo tyrimų srityje 2015 m. dirbo daugiau nei 300 rinkos tyrimų bendrovių (Ulman et al., 2015).

Iki šiol atliktus neuromarketingo tyrimus Ulman et al. (2015) siūlo klasifikuoti pagal kryptis. Autoriai identifikavo dvi kryptis: vartotojų neuromokslus (angl. *consumer neuroscience*) ir tiesioginį neurovaizdavimo metodų taikymą, siekiant tiriamam sektoriui būdingų tikslų. Abi šios tyrimų kryptys yra susijusios.

Bastiaansen et al. (2018) požiūriu, tikslinga būtų kiek kitokia kryptų klasifikacija. Autoriai vieną iš kryptų įvardija kaip tikrąjį neuromarketingą, aprėpiantį sukauptų neuromokslų žinių pritaikymą vartotojų atsakui į marketingo stimulus numatyti. Kita kryptis – neuroekonomika, kuri nagrinėja smegenų dalis, atsakingas už vartojimo sprendimų priėmimą. Neuromarketingo tyrimų kryptys lėmė ir gana plačią neuromarketingo apibrėžčių įvairovę (1.1 lentelė).

1.1 lentelė. Neuromarketingo apibrėžtys

Table 1.1. Definitions of neuromarketing

Autoriai	Apibūdinimas
Lee et al. (2007)	Neuromokslų metodų taikymas, siekiant analizuoti ir suprasti žmogaus elgesį rinkoje.
Eser et al. (2011)	Neurovaizdavimo metodų taikymas, siekiant suprasti žmonių elgseną rinkose ir rinkoje vykstančiuose mainuose.
Tichy et al. (2012)	Marketingo disciplina, tyrinėjanti jutiminius, pažintinius ir emocinius vartotojų atsakus į marketingo veiksmus.
Fortunato et al. (2014)	Tyrimų laukas, jungiantis neuromokslus ir marketingą, kuriuo siekiama nustatyti ryšius tarp marketingo stimulo, smegenų laukų, kuriuose stimulai kuriami, ir psichologinių pasekmių, sietinų su nervine sistema, tokiu būdu išgryninant pažintinius, psichologinius ir emocinius procesus, taip pat vartotojo pažinimą.
Grigaliūnaitė ir Pilelienė (2016)	Neuromokslų praktikos taikymas marketingo veikloje.
Oliveira ir Giraldi (2017)	Tarpdisciplininė mokslo sritis, taikanti įvairias priemones, tradiciškai naudojama medicinoje, psichiatrijoje, psichologijoje, siekiant nustatyti neuroatsako, bioatsako ir metabolinių procesų matavimus. Neuromarketingo priemonės taikomos drauge su tradicinio marketingo priemonėmis, siekiant geriau suprasti įvairias emocijas, supratimą, psichologines reakcijas, elgsenas ir mintis.
Stanton et al. (2017)	Neuromokslų ir psichologijos tyrimų metodų taikymas, siekiant gauti naujų įžvalgų vartotojų elgsenos, prioritetų, sprendimų priėmimo, taip pat ir kitose žmonių pažinimo ir elgsenos srityse, susijusiose su marketingu.
Lim (2018)	Tarpdisciplininė žinių šaka, grindžiama neuromokslų koncepcijų, teorijų ir metodų pasitelkimu, tirianti smegenis ir nervų sistemą, siekiant paaiškinti instinktyvią (ar natūralią) žmogaus elgseną, pasireiškiančią pažinimu, emocijomis, sąmoningumu ar nesąmoningumu, atsakant į marketingo stimulą.

1.1 lentelės pabaiga

Autoriai	Apibūdinimas
Mansor ir Isa (2018)	Neuromokslų metodų taikymas, siekiant geriau pažinti vartotojų elgseną, įvertinti marketingo funkcijų efektyvumą, nagrinėjant emocinį atsaką į marketingo stimulą.
Dursun ir Goker (2019)	Tarpdisciplininė sritis, kuri koncentruojasi į vartotojų pažintinių ir emocinių reakcijų į skirtingus marketingo stimulus vertinimą.
Hsu ir Chen (2020)	Smegenų vaizdavimo technologijų taikymas, siekiant paaiškinti vartotojų elgsenos priežastis ir numatyti vartotojų sprendimų priėmimo procesus.
Nilashi et al. (2020)	Marketingo tyrimų laukas, pasitelkiantis smegenų vaizdavimo metodus vartotojų atsakui į marketingo stimulą tirti.

Neretais atvejais, apibrėžiant neuromarketingo sąvoką, minimi neuromokslai (Lee et al., 2007; Fortunato et al., 2014; Grigaliūnaitė ir Pilelienė 2016; Stanton et al., 2017; Lim 2018; Mansor ir Isa 2018), tačiau svarbu neuromarketingo koncepciją atskirti nuo kitų, jau minėtų, itin artimai susijusių koncepcijų, tokių kaip vartotojų neuromokslas ar neuroekonomika. Vartotojų neuromokslą Lim (2018) apibūdina kaip akademinį neuromokslų teorijų ir metodų taikymą, siekiant vartotojų psichologijos ir elgsenos pažinimo. Nilashi et al. (2020) teigimu, vartotojų neuromokslas – tai nauja, besivystanti sritis, apimanti akademinis tyrimus marketingo, neuromokslų, ekonomikos, sprendimų priėmimo ir psichologijos srityse. Neuroekonomika savo ruožtu sprendžia jautrias ekonomines problemas naudodama neuronų ryšius sprendimų priėmimo procese.

Nagrinėjant neuromarketingo termino apibrėžtis matyti, kad ši koncepcija traktuojama kaip tam tikrų metodų (Lee et al., 2007; Eser et al., 2011; Stanton et al., 2017; Lim 2018; Mansor ir Isa, 2018; Hsu ir Chen, 2020; Nilashi et al., 2020), praktikos (Grigaliūnaitė ir Pilelienė, 2016), priemonių (Oliveira ir Giralardi, 2017) taikymas. Minėtų objektų taikymas sudaro šias prielaidas:

- analizuoti ir suprasti vartotojų elgseną (Lee et al., 2007; Eser et al., 2007; Fortunato et al., 2014; Oliveira, Giralardi, 2017; Stanton et al., 2017; Lim, 2018; Mansor ir Isa, 2018; Hsu ir Chen, 2020);
- nustatyti vartotojų atsaką į marketingo veiksmus (Tichy et al., 2012; Fortunato et al., 2014; Oliveira ir Giralardi, 2017; Lim, 2018; Mansor ir Isa, 2018; Dursun ir Goker 2019; Nilashi et al., 2020);
- pažinti vartotojus, išgryninant pažintinius, psichologinius ir emocinius procesus (Fortunato et al., 2014; Oliveira ir Giralardi, 2017);
- įvertinti marketingo funkcijų efektyvumą (Mansor ir Isa, 2018).

Reziumuojant galima teigti, kad per pastaruosius kelis dešimtmečius neuromarketingo koncepcijos turinys plėtėsi. XX a. pradžioje neuromarketingas traktuotas kaip neuromokslų metodų taikymas, o pastaruoju metu į nagrinėjamą koncepciją žvelgiama gerokai plačiau: neuromarketingas jau laikomas tarpdisciplinine mokslo sritimi. Ši sritis apibūdinama kaip neuromokslų teorijų, metodų, praktikos priemonių taikymas, siekiant analizuoti ir suprasti vartotojų elgseną, nustatyti vartotojų atsaką į marketingo veiksmus, pažinti vartotojus, išgryninant pažintinius, psichologinius ir emocinius procesus, taip pat įvertinti marketingo funkcijų efektyvumą. Minėti tikslai aktualūs ir statybos bei nekilnojamojo turto rinkoje.

1.2. Neuromarketingo taikymo sritys

Neuromarketingo metodų taikymo potencialas statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje gana platus. Neuromarketingo metodai gali būti taikomi tiek išoriniame, tiek vidiniame marketinge.

Neuromarketingo taikymas išoriniame marketinge sietinas su marketingo komplekso elementais. Viena iš neuromokslų taikymo sričių – tai tinkamiausių produkto (konkrečiu atveju – gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto kaip prekės ar su juo susijusios paslaugos) platinimo stimulų parinkimas, siekiant daryti galimai maksimalią įtaką vartotojui (Costa et al., 2015; Cosic, 2016; Pilelienė, 2016). Tradicinėms komunikacijos kampanijoms būdingi dideli vizualinės informacijos kiekiai, beveik visuomet papildyti garsiniais elementais. Tokia tradicinė komunikacija šiuolaikinėmis kaitos sąlygomis dažnai tampa nebeįtakinga, nepakankama ir netinkama, siekiant, kad komunikacinė žinutė pasiektų vartotoją. Tad natūralu, kad dalį informacijos vartotojas tiesiog ignoruoja. Norint didinti prekės ženklo atpažįstamumą, stiprinti vartotojų ryšius su prekės ženklu, Pilelienė (2016) rekomenduoja užtikrinti pozityvią visų penkių jutimų sinergiją.

Neuromokslų taikymas sudaro prielaidas organizacijai nustatyti kiekybines komunikacinės žinutės kartojimo charakteristikas. Pasitelkiant neuromokslų metodus, apskaičiuojama, kaip dažnai tikslinga kartoti tam tikrą komunikacinę pranešimą konkrečiame komunikaciniame kanale (Pilelienė, 2016). Cosic (2016) taip pat patvirtina neuromokslų naudojimo potencialą minėtu tikslu. Neuromarketingas naudingas ir parenkant tinkamiausią komunikacinę turinį (Fortunato et al., 2014). Šiuo aspektu neuromarketingas teikia naudą tiek vartotojui, tiek organizacijai. Nauda vartotojams pasireiškia tuo, kad neuromarketingo metodais surinktos žinios sudaro prielaidas marketingo specialistams rengti į tikslinę auditoriją nukreiptas komunikacines kampanijas, nenaudojant manipuliacinių technikų. Tinkamo komunikacinio turinio parinkimas organizacijoms leidžia sutaupyti didelę dalį finansinių išteklių, kurie kitu atveju būtų panaudojami galimai neefektyvioms

kampanijoms. Taip organizacijos stiprina konkurencinį pranašumą ir gerina savo pasiūlymo pateikimą vartotojams.

Dar viena svarbi neuromokslų taikymo sritis – produkto kūrimas. Pasitelkdama neuromokslų tyrimus, organizacija gali sužinoti, kokie jusliniai stimulai, įkomponuoti į produkto kūrimą, sukeltų vartotojo pasitenkinimą (Mohammadpour et al., 2015; Pilelienė, 2016). Tichy et al. (2012), Cosic (2016) rekomenduoja neuromokslų metodus taikyti atliekant produkto dizaino testus. Akcentuotina neuromarketingo metodų taikymo nauda ankstyvosiose produkto kūrimo stadijose, ypač susijusiose su prekės ženklais, etiketėmis (Meyerding ir Mehlhose, 2020).

Pastaruoju metu pripažįstama galutinio vartotojo įtraukimo į gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto ir statybos projektų dizaino procesą svarba. Galutiniai vartotojai – tai asmenys, kurie vėliau gyvens, dirbs pastate ar kitaip juo disponuos. Net jei šie asmenys neturi pakankamai statybos ir nekilnojamojo turto rinkos žinių, jie gali turėti svarias ir pagrįstas nuomones dėl laukiamo rezultato. Siekiant įtraukti galutinius vartotojus į dizaino procesą, pasitelkiami tokie metodai, kaip fokusuotų diskusijų grupės, darbo grupės, anketinės apklausos. Nepaisant šių metodų svarbos ir svaraus indėlio į vartotojų ir jų poreikių pažinimą, šiems metodams taikyti būtinos gana didelės laiko, pastangų, o neretai ir finansinės sąnaudos tiek surenkant, tiek interpretuojant respondentų atsakymus. Dėl šios priežasties į pažintinius vartotojų ir jų poreikių procesus įtraukiamos informacinės ir komunikacinės technologijos. Vienas iš šiuo tikslų siūlomų metodų yra žvilgsnio fiksavimas (Mohammadpour et al., 2015).

Vartanian et al. (2015), pasitelkdami neuromokslų metodus, tyrinėjo smegenų veiklą gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto atžvilgiu. Pasitelkdami neurovaizdavimo metodus, autoriai nustatė, kad kambariai su aukštesnėmis lubomis yra vertinami kaip patrauklesni, lyginant su tais, kuriose lubos žemos. Šie vertinimai sietini su veikla atskirose smegenų dalyse. Tokios išvalgos gali būti naudingos parenkant lubų aukštį kambariuose, pastatuose. Neuromokslų metodus, tiksliau, žvilgsnio fiksavimą, gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto dizaino sprendimams parinkti taikė ir Mohammadpour et al. (2015). Pasitelkdami žvilgsnio fiksavimą, gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto statytojai bei plėtotojai gali užsitikrinti, kad galutinis projekto rezultatas tenkins gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto pirkėjo poreikius. Mohammadpour et al. (2015) suformulavo hipotezę, kad pirkėjų pasitenkinimas skirtingomis dizaino variacijomis yra susijęs su jų vizualiu dėmesiu. Kitaip tariant, pirkėjus labiau tenkinančios dizaino alternatyvos sulaukia daugiau dėmesio. Autoriai, taikydami žvilgsnio sekimo metodą, atliko eksperimentą, kurio metu buvo vertintos keturios fasado dizaino alternatyvos, pavaizduotos 3D aplinkoje. Tyrimo dalyvių buvo paprašyta įvertinti savo pasitenkinimo kiekviena alternatyva lygi, o jų sąveika su kiekvienu virtualiu modeliu matuota pasitelkiant žvilgsnio fiksavimą. Autorių atlikto tyrimo

rezultatai parodė, kad tiriamieji nebūtinai ilgiau žiūri į tą alternatyvą, kuri atrodo patrauklesnė. Tokius tyrimo rezultatus paaiškina tai, kad daugiau dėmesio pritraukia ne tik alternatyva, kuria tyrimo dalyviai yra labiau patenkinti, bet ir ta alternatyva, kuria pasitenkinimas yra mažiausias. Be to, dėmesio skyrimas nebūtinai turi būti prilyginamas pasitenkinimui. Nustatyta, kad daugiau tyrimo dalyvių dėmesio pritraukė dizaino alternatyvos, kuriose dominuoja šiltos spalvos, tačiau atkreiptas dėmesys ir į pastatų geometriją, medžiagas.

Neuromokslų metodai taikomi ir parenkant konkretaus produkto kainodaros strategiją. Atskirų kategorijų produktams tikslingi skirtingi kainodaros sprendimai. Tokių sprendimų skirtumus padeda išsiaiškinti neuromarketingo paradigma. Pavyzdžiui, kasdien vartojamo produkto kaina pagal prigimtį labai skiriasi nuo išskirtinio prekės ženklo produkto kainos. Tą patvirtina smegenų aktyvumo vietos kaita, kainas vertinant drauge su asociacijomis (Pilelienė, 2012).

Gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto sektoriuje kaina yra pagrindinis pajamas ir pelną lemiantis veiksnys. Vartotojai formuoja savo nuomonę dėl nekilnojamojo turto objekto vertės pagal mokamą kainą. Be to, gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objekto kaina gali daryti psichologinę įtaką vartotojui. Minėtos priežastys lemia tai, kad kainos suvokimui tenka ypatinga reikšmė.

Kaip rodo atlikta neuromokslų taikymo sričių analizė, neuromokslų metodų taikymo sritys yra plataus spektro. Ir nors spektras platus, nė viena iš sričių nėra atsiejama bent nuo vieno marketingo komplekso elemento, todėl visos aptartos neuromokslų taikymo sritys suskirstytos pagal marketingo komplekso elementus (1.2 lentelė).

Kaip parodė atlikta neuromarketingo taikymo išorinio marketingo veiklose analizė, neuromokslų metodai gali apimti kiekvieno tradicinio marketingo komplekso elemento, suvokiamo kaip keturių bazinių elementų derinys, realizavimą. Jis gali skirtis priklausomai nuo organizacinio konteksto, tiksliau, nuo sektoriaus, kuriame organizacija veikia. Vienas iš sektorių, kuriam būdinga specifinė neuromokslų taikymo sričių raiška, yra statybos ir nekilnojamojo turto rinka. Dar XXI a. pradžioje E. Schaufelberger (2000) išryškino pastatų marketingui būdingą virsmą, įtraukiant vis daugiau išmintingų ir profesionalių marketingo specialistų. Žmogiškasis kapitalas, gebantis parinkti konkrečiu atveju tinkamiausius neuromokslų metodus ir juos rezultatyviai pritaikyti, tampa itin vertingu konkurencinį pranašumą statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje kuriančiu veiksmu.

Neuromarketingas taikytinas ir vidiniame marketinge. Grajdieru (2017) akcentuoja, jog neuromarketingo metodai yra pranašūs tokiose vidinio marketingo veiklose, kaip darbuotojų motyvavimas, darbo patrauklumo vertinimas, geriausių kandidatų darbo vietai užimti parinkimas, darbdavio prekės ženklo kūrimas, darbuotojų lojalumo formavimas ir organizacinės karjeros planavimas. Šios sritys praplečia neuromarketingo taikymo lauką.

1.2 lentelė. Neuromarketingo taikymo sričių klasifikacija pagal marketingo komplekso elementus

Table 1.2. Classification of neuromarketing application fields according to elements of marketing complex

Marketingo komplekso elementai	Neuromarketingo veiklos	Šaltiniai
Produktas	Produkto kūrimas	Schneider ir Woolgar (2012), Mohammadpour et al. (2015), Vartanian et al. (2015), Cosic (2016), Pilelienė (2016), Lim (2018), Ergan et al. (2019), Meyerding ir Mehlhose (2020)
Kaina	Kainodaros strategijos parinkimas	Pilelienė (2012), Boz et al. (2017), Lim (2018)
Paskirstymas	Tinkamiausių produkto platinimo stimulų parinkimas	Pilelienė (2016)
Rėmimas	Kiekybinių marketingo komunikacijos žinutės kartojimo charakteristikų nustatymas, priimtino komunikacijos turinio nustatymas	Schneider ir Woolgar (2012), Fortunato et al. (2014), Costa et al. (2015), Cosic (2016), Pilelienė (2016), Lim (2018), Stasi et al. (2018), Hafez (2019), Hamelin et al. (2020), Zavadskas et al. (2019), Hsu ir Chen (2020)

Akivaizdu, kad neuromarketingas pasižymi didžiuliu taikymo potencialu statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje, vykdamas tiek išorinio, tiek vidinio marketingo veiklas. Gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto vystytojams neuromarketingo metodų taikymas galėtų būti ypač naudingas ankstyvosiose pardavimų stadijose, kai gyvenamosios paskirties nekilnojamas turtas dar nebaigtas statyti. Tuomet, atsižvelgiant į neuromarketingo tyrimų rezultatus, dar būtų galima koreguoti tam tikras gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto charakteristikas. Neuromarketingo tyrimų duomenys taip pat galėtų būti naudojami ankstyvoje projektavimo stadijoje, kai yra galimybė keisti projektinius sprendimus, sukuriant gyvenamosios paskirties nekilnojamąjį turtą, kuris būtų patrauklus potencialiems pirkėjams. Naudojant šį potencialą statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje, svarbu atkreipti dėmesį ir į galimus iššūkius.

1.3. Statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje kylantys iššūkiai ir jų sprendimo potencialas, naudojant neuromarketingą

Statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje jau seniai nebepakanka parengti objekto projekto ir jį įgyvendinti. Kaip ir kituose verslo sektoriuose, be egzistuojančių technologinio pobūdžio iššūkių, susiduriama su objektų pateikimo į rinką problemomis, kurių įveikai pasitelkiami kitų, iš pirmo žvilgsnio gana tolimų mokslo sričių sprendimai. Viena iš tokių statybos ir nekilnojamojo turto rinkai itin reikšmingą poveikį darančių mokslo sričių – marketingas, kuris, siekiant patenkinti vartotojų poreikius net ir itin technologijoms imliose rinkose, tarpdiscipliniškumo didėjimo fone įgauna nenuginčijamą svarbą ir svorį (Zeng et al., 2015; Liang ir Gao 2018; Brenninkmeijer et al., 2020). Schaufelberger (2000) marketingą įvardijo kaip vieną svarbiausių statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje veikiančių organizacijų funkcijų. Pastaruosius kelis dešimtmečius vis intensyviau ryškėja marketingo strategijų rengimo (Dale et al., 2012; Wang ir Liu 2013; Zeng et al., 2015; Liang ir Gao 2018) poreikis statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje. Šioje rinkoje svarbus vaidmuo tenka ir rinkos tyrimams (Cariaga ir El-Diraby 2013; Zhou et al., 2015). Jie – būtina gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objektų plėtotojų plėtos strategijų dalis, sąlyga.

Kelis pastaruosius dešimtmečius sprendimai statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje buvo grindžiami asmeninėmis apklausomis, eksperimentais, fokusuotų diskusijų grupių tyrimais, orientuotais į tikslinės auditorijos poreikių ir požiūrių identifikavimą (Stanton et al., 2017; McDowell ir Dick, 2013; Brenninkmeijer et al., 2020). Šių tradicinėmis tapusių rinkos tyrimo technikų efektyvumas kelia vis svaresnių abejonių, nes neretais atvejais žmonės nesupranta ir negali paaiškinti savo elgesio. Agarwal ir Dutta (2015) teigimu, daugiau nei 90 proc. protinės veiklos atliekama nesąmoningai ir jai įvertinti tradicinių tyrimo metodų šiuolaikinėmis sąlygomis nebepakanka.

Marketingas statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje koncentruojamas į vartotojų ir jų socialinių poreikių pažinimą. Tai reiškia, kad marketingo priemonėmis siekiama gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objektus vartotojams pristatyti per poreikių patenkinimo prizmę, kad vartotojai galėtų nesudėtingai priimti pirkimo sprendimus (Hafez, 2019). Ilgą laiką marketingo specialistai į vartotojų statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje žvelgė kaip į racionalų sprendimų priėmėją, kurio elgseną gali paaiškinti tradiciniai rinkos tyrimai. Toks požiūris buvo gana patogus: racionalią elgseną buvo galima įvertinti ir išmatuoti. Vartotojų elgsenai darantis vis sudėtingiau paaiškinamai, imama pripažinti, jog elgsena nėra grindžiama tik sąmone ir racionalumu. Tą patvirtina ir Zaltman (2003), nurody-

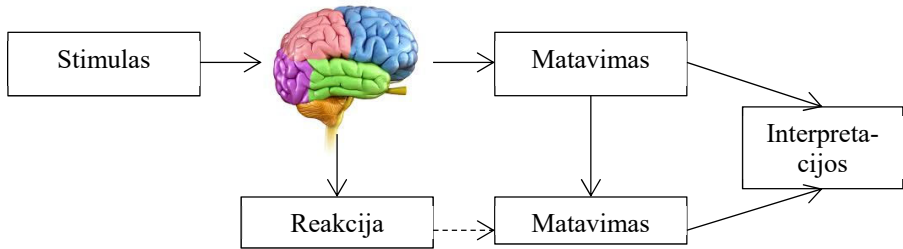
damas, kad 95 proc. protinių veiklų atliekama nesąmoningai. Be to, ir patys vartotojai dažnai atvejais nežino ir negali paaiškinti, kodėl priėmė vienokius ar kitokius sprendimus. Tokiomis sąlygomis tradiciniai rinkos tyrimai nebeatitinka šiuolaikinės statybos ir nekilnojamojo turto rinkos poreikių. Emocijoms užimant vis svarbesnį vaidmenį sprendimų priėmimo procese (Ruževičiūtė, 2012), tikslingu tampa neuromarketingo metodų taikymas. Šių metodų taikymo tikslingumą akcentuoja ir Gani et al. (2018), Hafez (2019), nurodantys, kad tradiciniai marketingo tyrimų metodai, tokie kaip fokusuotų diskusijų grupė, interviu ar apklausa, dabartinėmis sąlygomis negeba užtikrinti pakankamo patikimumo ir pakankamos mokslinės informacijos, paaiškinančios sprendimų priėmimą. Neuromarketingas sudaro galimybes surinkti informacijos apie nesąmoningas ir akivaizdžiai nuspėjamas vartotojo mintis, jausmus, emocijas. Tai sudaro prielaidas aiškiau pažinti vartotojo poreikius ir pasirinkimus.

Sujungus atskirų mokslinės minties mokyklų atstovų požiūrius, pastangas, formuojasi inovatyvus požiūris į vartotoją, kuriamos nervinių impulsų judėjimu ir emocijomis grindžiamos marketingo strategijos. Neuromarketingas atveria didžiulius naujų duomenų šaltinius, galimybes praplėsti teorines prielaidas, vizualizuoti pažintinius sprendimų priėmimo procesus (Shealy ir Hu 2018). Didėjantys neurotechnologijų ir neurovaizdavimo metodų taikymo mastai pastarąjį dešimtmetį itin stipriai palietė rinkos tyrimų lauką. Be tradicinių rinkos tyrimų metodų, grindžiamų verbaliniu atsaku, imta vis intensyviau taikyti ir plėtoti neuromokslų metodus, sudarančius prielaidas objektyviai įvertinti, kokie procesai vyksta žmogaus smegenyse.

Neuromarketingo metodai leidžia geriau pažinti vartotojus, į tyrimus įtraukiant mažesnes imtis, nei juos grindžiant tradiciniais tyrimo metodais, nekeltiant grėsmės surinktos informacijos patikimumui ar tikslumui. Esama duomenų, kad neuromarketingo tyrimuose visiškai pakanka maždaug dešimtdalio tradiciniuose tyrimuose pasirenkamo imties dydžio (Grajdieru, 2017).

Atkreiptinas dėmesys į iššūkius, siejamus su marketingo strategijos parinkimu, kylančius nekilnojamojo turto sektoriuje (Ford et al., 2005; Zheng et al., 2012). Burgos-Campero, Vargas-Hernandez (2013), Lim (2018) teigimu, neuromarketingo taikymas sudaro prielaidas spręsti šiuos iššūkius. Neuromarketingo tyrimai reikšmingai prisideda tiek prie marketingo strategijų rengimo, tiek prie jų įgyvendinimo. Iš esmės ši reikšmingą indėlį suponuoja neuromarketingo metodais surenkamų duomenų unikalumas, naudingumas. Žinios apie tai, kaip vartotojai suvokia, veikia, mąsto ir reaguoja, sudarys prielaidas stiprinti marketingo strategijų efektyvumą (Hsu ir Chen, 2020).

Taikant neuromarketingo metodus tyrimams statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje, tikslinga vadovautis Lee et al. (2017) pasiūlytu koncepciniu neuromarketingo tyrimų modeliu. Šis modelis pateiktas 1.2 paveiksle.



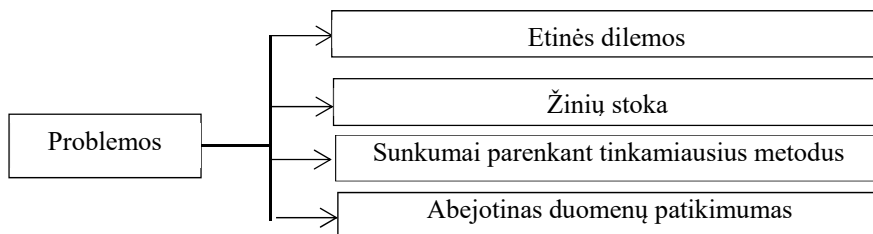
1.2 pav. Konceptinis neuromarketingo tyrimų modelis (Lee et al., 2017: 879)
Fig. 1.2. Conceptual scheme of neuromarketing research (Lee et al., 2017: 879)

Konceptinis neuromarketingo tyrimų modelis vaizduoja tipinį neuromarketingo tyrimo procesą. Ir nors modelis yra tipinis, neatmestina ir kitokių variacijų galimybė, priklausomai nuo tyrimo objektų operacionalizacijų. Tipinis neuromarketingo tyrimas grindžiamas stimulu, siunčiamu į smegenis. Tuomet, priklausomai nuo pasirinktų neuromarketingo metodų, arba atliekami matavimai, arba laukiama reakcijos, po kurios atliekami matavimai. Matavimų rezultatai sugula į tyrimo rezultatų interpretacijas.

Apibendrinant galima teigti, kad nekilnojamojo turto sektoriuje veikiančioms organizacijoms kyla sunkumų, siekiant racionaliai paaiškinti gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objektų vartotojų elgseną. Vartotojų elgsenai tampant vis sudėtingiau paaiškinamai, didžiulį potencialą šioje srityje įgyja neuromarketingo metodai.

1.4. Neuromarketingo naudojimo statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje problemos

Mokslinėje literatūroje daug dėmesio skirta teorinių neuromarketingo prielaidoms nagrinėti (Lee et al., 2007; Hubert ir Kenning, 2008; Eser ir Tolon 2011; Agarwal ir Dutta, 2015; Cosic, 2016; Miletic et al., 2016; Jebelli et al., 2017; Oliveira ir Giralardi, 2017; Harris et al., 2018; Brenninkmeijer et al., 2020), o empirinių tyrimų, orientuotų į specifines technologijos mokslų problemas, labai nedaug (Cariaga ir El-Diraby, 2013; Habibnezhad *et al.*, 2016; Awolusi et al., 2019). Ribotą technologijos mokslų problemų sprendimų lauką paaiškina ne tik neuromarketingo, kaip tyrimų srities, naujumas, bet ir neuromarketingo naudojimo statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje problemos (1.3 pav.).



1.3 pav. Neuromarketingo naudojimo problemos
Fig. 1.3. Problems of neuromarketing application

Burgos-Campero ir Vargas-Hernandez (2013), Sebastian (2014), Ulman et al. (2015), Mileti et al. (2016), Stanton et al. (2017), Lim (2018) atkreipia dėmesį į etines neuromokslų naudojimo problemas. Anot autorių, besiplečiančios neuromokslų tyrimų rinkos fone etinės dilemos sulaukia vis daugiau dėmesio. Svarbu, kad neuromokslų technologijos būtų viešinamos, o jų naudojimas, tyrinėjant žmonių elgseną, būtų atliekamas nepažeidžiant etikos principų ir teisinių reikalavimų žmogaus teisių ir orumo srityse (Ulman et al., 2015; Cosic, 2016). Sebastian (2014) išryškina dvi pagrindines etines neuromarketingo tyrimų dilemas: pirmoji dilema siejama su etiniais aspektais, į kuriuos būtina atkreipti dėmesį projektuojant ir atliekant neuromarketingo tyrimus; antrasis aspektas – gerokai platesnis – apima etinę, socialinę ir teisinę neuromarketingo tyrimų įtaką. Šis aspektas sietinas su bandymais numatyti, kokį poveikį tyrimas turės egzistuojančioms socialinėms ir teisinėms struktūroms.

Lim (2018) akcentuoja testuojamų subjektų apsaugos svarbą neuromarketingo tyrimuose. Išskirtinė reikšmė turėtų būti skiriama informuotam sutikimui, privatumui ir pažeidžiamumui (Sebastian, 2014; Lim, 2018). Neurologinio atsako į marketingo stimulą matavimas žmogaus smegenyse kelia grėsmę testuojamų subjektų autonomiškumui. Nepaisant to, kad informuotas sutikimas ir privatumo užtikrinimas turėtų būti nekvestionuojamos bet kurio tyrėjo, atliekančio tyrimus su žmonėmis, prievolės, adekvati apsauga neuromarketingo tyrimų atveju ne visuomet užtikrinama. Kitas etines dilemas keliantis klausimas – tai abejonės dėl mokslinio patikimumo, validumo ir skaidrumo užtikrinimo.

Burgos-Campero ir JVargas-Hernandez (2013), Gani et al. (2018) teigimu, neuromarketingo naudojimą riboja informacinės spragos. Kai kuriose valstybėse (pvz., Bangladeše, Malaizijoje) neuromarketingo informacinę bazę riboja tiek žinių apie šią koncepciją stoka, tiek tinkamos infrastruktūros neturėjimas (Gani et al., 2018; Mansor ir Isa 2018). Žinių stinga ne tik apskritai apie neuromarketingo koncepciją, bet ir apie atskirus metodus. Tą nustatė Gani et al., (2018), atlikę 54 marketingo specialistų apklausą. Šios apklausos rezultatai parodė, kad marketingo specialistams geriausiai žinoma žvilgsnio fiksavimo metodas. Ją žino

72 proc. tyrime dalyvavusių marketingo specialistų. Kitų metodų žinomumas – itin menkas (1.3 lentelė). Burgos-Campero ir Vargas-Hernandez (2013) paaiškina, jog žinių stinga todėl, kad tik labai maža dalis tyrėjų yra įgiję formalią kvalifikaciją pažintinių neuromokslų srityje.

1.3 lentelė. Marketingo specialistų pasiskirstymas pagal neuromarketingo metodų išmanymą, proc. (Gani et al., 2018: 333)

Table 1.3. Distribution of marketing professionals regarding the awareness of neuromarketing techniques, % (Gani et al., 2018: 333)

Neuromarketingo metodai	Žinomi	Nežinomi
Funkcinis magnetinis rezonansas	20	80
Elektroencefalografija	8	92
Magnetinė encefalografija	6	94
Pozitronų emisijos tomografija	3	97
Transkukolinė magnetinė stimuliacija	2	92
Žvilgsnio fiksavimas	72	28
Psichologinio atsako matavimas	19	81
Numanomų asociacijų testavimas	18	92
Odos laidumo vertinimas	6	94

Kita opi neuromarketingo naudojimo statybos ir nekilnojamojo turto rinkos tyrimams problema – sunkumai parenkant tinkamiausius neuromarketingo metodus. Jimes būdingas aukštas technologiškumo lygmuo. Be to, šių metodų taikymas sietinas su dideliu finansinių išteklių poreikiu (Mansor ir Isa 2018). Minėtieji aspektai skatina parinkti kiekvienam atvejui tinkamiausius neuromarketingo metodus. Jų parinkimą reikėtų derinti su marketingo tikslais. Priešingu atveju netinkamai parinkti neuromarketingo metodai gali ne tik neduoti pageidaujamo rezultato, bet ir sukelti finansinių nuostolių.

Mokslinėje literatūroje (Fortunato et al., 2014) keliamos dvejonės ir dėl neuromarketingo metodais surinktų duomenų patikimumo. Anot autorių, dabartinį laikotarpį galima pavadinti savotiška neuromanija, pasklidusia per įvairias žinių sritis, kanalus. Dalyje tyrimų žodžio sandas *neuro-* vartojamas pervertinant tyrimų rezultatus ir siekiant juos įteisinti.

Neuromarketingo naudojimo statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje problemos laikytinos giliomis ir svarbiomis. Jų svarbą atskleidžia tai, kad bet kuri iš jų gali apriboti neuromarketingo taikymo sėkmingumą ir rezultatyvumą. Viena iš

1.4 lentelės pabaiga

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Transkukolinė magnetinė stimuliacija		✓		✓	✓	✓		4
Žvilgsnio fiksavimas		✓	✓	✓	✓	✓	✓	6
Psichologinio atsako matavimas				✓				1
Numanomų asociacijų testavimas		✓		✓				2
Odos laidumo vertinimas		✓	✓	✓	✓	✓	✓	6
Elektrokardiografija		✓	✓		✓	✓	✓	5
Elektromiografija		✓			✓			2
Topografija esant ramybės būsenos		✓						1
Psichologinio atsako matavimas		✓						1
Širdies ir kraujagyslių parametrų sekimas			✓				✓	2
Balso tono analizė						✓		1
Paminėta metodų	4	12	7	9	9	8	8	57

Plačiausią neuromarketingo metodų įvairovę minėjo Bereca (2012). Autorė kaip neuromarketingo metodus įvardijo elektroencefalografiją, magnetinę encefalografiją, pozitronų emisijos tomografiją, funkcinį magnetinį rezonansą, transkukolinę magnetinę stimuliaciją, žvilgsnio fiksavimą, odos laidumo vertinimą, elektrokardiografiją, elektromiografiją, topografiją esant ramybės būsenos, numanomų asociacijų testavimą, psichologinio atsako matavimą. Autorė ne tik paminėjo šiuos metodus, bet gana detalai aptarė ir jų esmę, taikymo atvejus, privalumus ir trūkumus. Kiek mažiau neuromarketingo metodų išskyrė Gani et al., (2018), Dunsun ir Goker (2019), Hafez (2019), Nilashi et al. (2020).

Dažniausiai mokslininkų (Fugate, 2007; Bereca, 2012; Fortunato et al., 2014; Gani et al., 2018; Dursun ir Goker, 2019; Hafez, 2019; Nilashi et al., 2020) minėti neuromarketingo metodai – tai pozitronų emisijos tomografija ir funkcinis magnetinis rezonansas. Mažiausiai tyrėjų dėmesio sulaukė psichologinio atsako matavimo (Gani et al., 2018), topografijos esant ramybės būsenos, psichologinio atsako matavimo (Bereca, 2012) ir balso tono analizės (Hafez, 2019) metodai.

Lee et al. (2018) pažymi, kad bėgant laikui neuromarketingo metodų įvairovė plėtėsi. Tokia didelė jų įvairovė sudaro prielaidas juos taikyti tiriant labai skirtingus objektus. Tai reiškia, kad neuromarketingo metodų taikymas neapsiriboja tik

smegenų ar centrinės nervų sistemos tyrimais ir apima visas psichologinių bei pažintinių procesų sritis.

Mokslinėje literatūroje (Kenning et al., 2005; Zurawicki, 2010; Bereca, 2012; Lim, 2018) siūlomos įvairios neuromarketingo metodų klasifikacijos. Lim (2018) rekomenduoja neuromarketingo metodus klasifikuoti į tris pagrindines grupes: 1) fiksuojančius neuronų veiklą smegenyse; 2) fiksuojančius neuronų veiklą už smegenų ribų; 3) darančius įtaką neuronų veiklai. Pirmosios grupės metodai skirstomi į elektromagnetinius ir metabolinius. Elektromagnetiniams metodams priskiriama elektroencefalografija, magnetinė encefalografija ir ramybės būsenos topografija. Metaboliniai metodai apima funkcinę magnetinę rezonansą, pozitronų sklaidos tomografiją. Elektrokardiografija, žvilgsnio fiksavimas, veido elektromiografija ir odos laidumas priklauso metodams, fiksuojantiems neuronų veiklą už smegenų ribų. Trečiosios grupės metodai – tai tarpkukolinė magnetinė stimuliacija, neurosiuntimas. Gerokai dažniau mokslinėje literatūroje (Kenning et al., 2005; Zurawicki, 2010; Bereca, 2012) siūloma tokia neuromarketingo metodų klasifikacija: 1) momentiniai metodai, skirti elektroninių neuronų veiklos pokyčiams matuoti; 2) metodai, skirti metabolinių neuronų veiklos pokyčiams matavimui; 3) metodai, skirti psichologinio atsako į marketingo stimulą pokyčiams matuoti. Būtent tokia klasifikacija ir vadovaujamas šiame disertaciniame darbe.

1.5.1. Momentiniai metodai, skirti elektroninių neuronų veiklos pokyčiams matuoti

Momentiniai metodai, skirti elektroninių neuronų veiklos pokyčiams matuoti, apima tokius metodus, kaip elektroencefalografija, magnetinė encefalografija, transkukolinė magnetinė stimuliacija, topografija ramybės būsenoje. Daugiausia mokslininkų dėmesio (Bereca, 2012; Costa et al., 2015; Cosic, 2016; Jebelli et al., 2017; Harris et al., 2018; Hu et al., 2018; Jebelli et al., 2018; Lim, 2018; Awolusi et al., 2019; Ergan et al., 2019) sulaukusių ir plačiausiai taikytų momentiniu metodu elektroninių neuronų veiklos pokyčiams matuoti laikytinas elektroencefalografijos metodas, tad, nagrinėjant aptariamą grupę neuromarketingo metodus, būtent elektroencefalografijai skiriamas didžiausias dėmesys šiame disertaciniame darbe.

Elektroencefalografija (angl. *electroencephalography*, EEG) – tai metodas, kurį taikant elektrodai uždedami kaukolės išorėje. Tokiu būdu matuojama neuronų elektrinė veikla. Jebelli et al. (2017) elektroencefalografiją apibūdina kaip neinvazinį medicininio vaizdavimo metodą, siekiant surinkti duomenis apie elektrinę veiklą smegenyse. Lim (2018) pažymi, kad, naudojant apyrankę ar šalną ir uždėjus elektrodus ant testuojamo subjekto kaukolės, elektroencefalografija testuojama ir fiksuojama elektrinė smegenų veikla.

Elektroencefalografiją 1875 m. pirmą kartą išbandė R. Caton, atlikdamas eksperimentą su beždžionėmis ir triušiais. Pirmieji bandymai su žmonėmis atlikti 1924 m. (Harris et al., 2018). Anot Costa et al. (2015), elektroencefalografija – tai neinvazinė procedūra, kurią galima taikyti tiek suaugusiesiems, tiek vaikams. Šio metodo taikymas sudaro prielaidas išmatuoti smegenų veiklą bet kokio amžiaus žmonių grupėse.

Elektroencefalografiniams matavimams galimi du pagrindiniai šaltiniai. Pirmasis – tai electrocorigrama, kuri matuojama tiesiogiai žievėje (skalpo paviršiuje neinvaziniu būdu). Antrasis šaltinis – tai elektrograma, kuri naudojama elektroencefalografiniams matavimams įstatant giluminį zondą tiesiogiai į smegenų audinį. Elektrogramos taikytinos tik klinikiniuose tyrimuose (Jebelli et al., 2017). Dėl šios priežasties galima teigti, kad statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje tinkamos tik electrocorigramos kaip duomenų šaltiniai. Naudojant elektrogramas kaip duomenų šaltinį, sekami įtampos svyravimai, kuriuos sukelia neuronų, esančių smegenų paviršiuje, veikla. Siekiant surinkti duomenis apie įtampos svyravimus, tikslinga pasitelkti kelis elektrodus. Atkreiptinas dėmesys, kad elektroencefalografijos duomenys labai priklauso nuo to, kurioje vietoje uždedami elektrodai. Pavyzdžiui, didžiųjų smegenų žievės laukas daro didžiausią poveikį elektrinei veiklai. Kiekviena didžiųjų smegenų žievės lauko dalis (priešakinė skiltis, judesio skiltis, parietalinė skiltis ir kt.) kontroliuoja skirtingas funkcijas. Pavyzdžiui, priešakinė skiltis yra atsakinga už emocijas ir dėmesio koncentracijos gebėjimus. Judesio skiltis svarbi savanoriškų judesių kontrolei (Jebelli et al., 2017).

Įprastai elektroencefalografiją apibūdina ritmiška veikla. Ji dažniausiai klasifikuojama į penkias pagrindines bangų grupes, priklausomai nuo dažnumo intervalų skirtumų: delta (0,5–4 Hz), teta (4–8 Hz), alfa (8–13 Hz), beta (13–30 Hz), gama (<30 Hz) (Jebelli et al., 2017).

Delta ir teta dažnumų intervalai dažniausiai pasireiškia kūdikiams, vaikams ir miegantiems suaugusiesiems. Alfa dažnumo intervalai siejami su sąmoningu mąstymu, nesąmoningomis mintimis, skatinančiomis gilų atsipalaidavimą. Beta dažnumo intervalas – tai įprastas ėjimo ritmas, susijęs su aktyviu galvojuimu ir dėmesio koncentracija. Beta dažnumo intervalas gali aiškiai parodyti veiklą smegenų judesio skiltyje. Gama dažnumo intervalas pasižymi labai žema amplitude, todėl gama dažnumo intervalas gana retai aptinkamas pas suaugusiuosius. Gama dažnumo intervalas yra įprastas klinikiniais atvejais, kai pasireiškia tam tikri smegenų sutrikimai (Jebelli et al., 2017).

Elektroencefalograma – viena iš aktyviausiai taikomų biometrinių tyrimų priemonių, nes ši priemonė sudaro prielaidas surinkti duomenis tiek apie emocinį valentingumą, tiek apie sužadinimą (Ergan et al., 2019). Elektroencefalografijos metodas sėkmingai taikomas tyrinėjant įvairius asmens psichologijos aspektus, tokius kaip stresas, emocinis išsekimas, perdegimas, protinis nuovargis. Ilgą laiką

elektroencefalografija taikyta tik laboratorijų aplinkoje, naudojant klinikinį elektroencefalografijos įrašymo prietaisą (pavyzdžiui, elektrodų kepurę), o ne realiose darbo vietose. Šio metodo taikymą realiose gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto statybos vietose ilgą laiką riboja tai, kad elektroencefalografijos įrašymo prietaisais sujungtas laidais, o tai apriboja nenutrūkstamą statybos darbuotojų darbą. Šiuolaikinių elektroencefalografijos prietaisų, neribojančių fizinio judėjimo, atsiradimas sudarė galimybes taikyti metodą be fizinių trikdžių, laidų, gana paprastai ir nepatiriant didelių finansinių sąnaudų (Jebelli et al., 2017).

Elektroencefalografijos signalai klasifikuojami į dvi pagrindines grupes: išorinius ir vidinius. Išorinius garsus skleidžia aplinka (aplinkos triukšmas, kūno judesio garsai) ar pats elektroencefalografijos prietaisas (elektrodų judesiai, laidų sistemos garsai). Vidiniai garsai girdimi dėl kūno psichologinių veiklų. Elektroencefalografijos signalai yra labai jautrūs įvairių formų ir šaltinių triukšmui. Elektroencefalografijos signalų kokybė yra gana žema triukšmingose aplinkose, tokiose kaip statybvietės. Siekdami eliminuoti šią problemą, Jebelli et al. (2018) pasiūlė ir patvirtino signalų apdorojimo modelį, sudarantį galimybes pašalinti dažniausių įrankių, įrenginių garsus statybos vietose.

Elektroencefalografijos populiarumą lemia nedidelės jos taikymo sąnaudos ir galimybės taikyti metodą mažoms imtims, o tai gana praktiška (Cosic, 2016; Lim, 2018). Šis metodas gali būti taikomas natūralioje ir patogioje aplinkoje (Hu et al., 2018). Elektroencefalografijai būdinga puiki laikinoji rezoliucija, nes šis metodas nėra grindžiamas kraujo tėkme. Elektroencefalografija fiksuoja neuronų elektrinę veiklą, kurią sukelia jonai ir neuronai. Dar vienas svarbus elektroencefalografijos pranašumas yra tas, kad šiuo metodu galima tiksliai stebėti neuronų veiklas ir smegenų bangų struktūrą, tiesiogiai pasiekiant centrinę nervų sistemą (Jebelli et al., 2017). Pagrindinis elektroencefalografijos trūkumas yra prasta erdvinė rezoliucija, nes sudėtinga aptikti konkrečias neuronų vietas. Be to, metodas nesudaro galimybių išskirti pažintinės aktyvacijos nuo kitų smegenų dalių, dalyvaujančių mentaliniame procese (Hu ir Shealy 2019). Taip pat atkreiptinas dėmesys, kad elektroencefalografijai taikyti būtinas tam tikras skalpo odos paruošimas (plaukų pašalinimas ir padengimas laidžiu geliu), kas gali būti visiškai nepraktiška gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto statybos vietose (Jebelli et al., 2017).

Elektroencefalografija taikyta statybos sektoriaus darbuotojų streso lygiui nustatyti (Jebelli et al., 2018), darbų saugai įvertinti (Awolusi et al., 2019). Šie tyrimai apibendrinti 1.5 lentelėje.

Elektroencefalografinių tyrimų imtys įprastai gana nedidelės – nuo 5 iki 8 tyrimo dalyvių. Taikant šį metodą, pasitelkiama Emotiv EPOC+, dėvimas elektroencefalografijos prietaisas ar kita įranga.

1.5 lentelė. Statybos ir nekilnojamojo turto tyrimai, kuriuose taikyta elektroencefalografija

Table 1.5. Researches that employed electroencephalography in the field of construction and real estate

Autoriai	Tyrimo tikslas	Tyrimo dalyvių skaičius	Naudota įranga	Matuoti rodikliai
Jebelli et al. (2017)	Įvertinti signalų apdorojimo modelį, siekiant surinkti aukštos kokybės elektroencefalografijos signalus	8 sveiki statybos specialistai	„Emotiv EPOC+“	Ritmiškos veiklos bangos aktyvaus ir neaktyvaus darbo sąlygomis
Jebelli et al. (2018)	Įvertinti statybos sektoriaus darbuotojų stresą	5 sveiki statybos specialistai	Dėvimas elektroencefalografijos prietaisas	Laikas, dažnumas, kortizolio lygis

Taikant magnetinės encefalografijos metodą, magnetinis potencialas pasitelkiamas smegenų veiklai skalpo lygyje fiksuoti, tiriamajam dėvint šalmą su jautriais detektoriais. Magnetiniam laukui įtakos nedaro kraujas, smegenų masė, kaukolai, todėl šiam metodui būdinga aukšta erdvinė ir laikinoji rezoliucija (Bereca, 2012). Magnetinės encefalografijos, kaip neuromarketingo metodo, taikymo galimybės išryškino Braeutigam (2014).

Išnagrinėjus elektroencefalografijos, magnetinės encefalografijos metodus, galima išgryninti kiekvieno šių metodų taikymo privalumus ir trūkumus (1.6 lentelė).

1.6 lentelė. Momentinių metodų, skirtų elektroninių neuronų veiklos pokyčiams matuoti, privalumai ir trūkumai

Table 1.6 Advantages and disadvantages of instaneous techniques intended to measure changes of activity of electronic neurons

Metodai	Privalumai	Trūkumai
Elektroencefalografija	<ul style="list-style-type: none"> Nedidelės taikymo sąnaudos. Galimybės taikyti metodą mažoms imtims. Galimybės metodą taikyti natūralioje ir patologijoje aplinkoje. 	<ul style="list-style-type: none"> Prasta erdvinė rezoliucija. Nėra galimybių išskirti pažintinę aktyvumą nuo kitų smegenų dalių, dalyvaujančių mentaliniame procese. Aukštos kokybės elektroencefalografinių signalų gavimą apsunkina triukšmas tyrimo aplinkoje.

1.6. lentelės pabaiga

Metodai	Privalumai	Trūkumai
	<ul style="list-style-type: none"> • Puiki laikinoji rezoliucija. • Galimybės tiksliai stebėti neuronų veiklas ir smegenų bangų struktūrą, tiesiogiai pasiekiant centrinę nervų sistemą. 	<ul style="list-style-type: none"> • Komplikuotas surinktų duomenų interpretavimas dėl nežinomų signalų interpretacijų atskirose smegenų dalyse. • Duomenų analizei būtini papildomi duomenys apie biometrinčius sensorius.
Magnetinė encefalografija	<ul style="list-style-type: none"> • Aukšta erdvinė rezoliucija. • Aukšta laikinoji rezoliucija. • Neinvazinis metodas. • Aukštas patikimumas ir validumas, kai matuojami pažintiniai ir emociniai atsakai. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eksperimentams būtina erdvė, kurioje nebūtų jaučiamas žemės magnetinis laukas. • Reikalingos didelės finansinės sąnaudos. • Palyginti sudėtinga surinktų duomenų analizė.

Momentiniai metodai, skirti elektroninių neuronų veiklos pokyčiams matuoti, taikomi įvairioms nekilnojamojo turto problemoms spręsti (pvz., statybos sektoriaus darbuotojų streso lygiui nustatyti, darbų saugai vertinti), tačiau nagrinėtos grupės metodų taikymas marketingo sprendimams gerinti iki šiol labai ribotas.

1.5.2. Metodai, skirti metabolinių neuronų veiklos pokyčiams matuoti

Metabolinių neuronų veiklos pokyčiai matuojami pasitelkiant funkcinio magnetinio rezonanso, funkcinės pusiau infraraudonosios spektroskopijos, pozitronų sklaidos tomografijos metodus. Kiekvienas iš šių metodų turi tam tikrų savitumų, kuriuos svarbu nagrinėti.

Funkcinis magnetinis rezonansas (angl. *functional magnetic resonance imaging*) – tai populiariausias duomenų surinkimo metodas neuromoksluose (Grigaliūnaitė ir Pilelienė 2016; Meyerding ir Mehlhose 2020), grindžiamas netiesioginiu deguonies viso kraujo įtekėjimu į aktyviają smegenų pusę. Vaizdiniam sukurti smegenyse naudojamos magnetinės ir radijo bangos (Cotic, 2016). Taisant funkcinio magnetinio rezonanso metodą, smegenų veikla vertinama fiksuojant deguonies prisotinto hemoglobino (oxy-Hb), deguonies neprisotinto hemoglobino (deoxy-Hb) ir bendro hemoglobino (HbT) pokyčius. Hemoglobino ar kraujo tėkmės pokyčiai rodo neuronų suaktyvėjimą (Hu ir Shealy 2019). Funkcinio magnetinio rezonanso metodą galima iliustruoti pavyzdžiu. Tarkime, kad ty-

rimo dalyviui žiūrint į komunikacinį pranešimą, šviesa aktyvuoja abiejų akių lęšiukus, vyzdžius, taip pat ir apie 125 milijonus regos nervų receptorių. Nerviniai impulsai perduodami į tarpines smegenis. Smegenys fokusuoja vyzdžius ir koordinuoja akių judesius komunikacinio pranešimo lauke. Per nervų skaidulas kiti vyzdžių ir lęšiukų perduodami signalai pasiekia smegenis. Dešinioji komunikacinio pranešimo dalis perduodama kairiajam, o kairioji – dešiniajam. Kairysis ir dešinysis smegenų pusrutuliai yra atsakingi už skirtingas veiklas. Atsižvelgdamos į smegenų funkcionavimo principus, organizacijos turi galimybę kurti tokius komunikacinius pranešimus, kuriais perduodama informacija greičiausiai pateks į smegenų dalį, labiausiai derančią su produkto prigimtimi (Pilelienė, 2016). Funkcinio magnetinio rezonanso metodui būdinga plati erdvinė rezoliucija, tačiau dalyvių mobilumas ir laikinoji rezoliucija yra riboti (Hu et al., 2018; Lim, 2018; Hu ir Shealy 2019). Funkcinis magnetinis rezonansas sudaro prielaidas numatyti naujo produkto, naujų komunikacijos kampanijų rezultatus, priimti produkto dizaino sprendimus, patikrinti kainos priimtinumą, išnagrinėti rinkos poreikius, pozicionuoti ar repositionuoti prekės ženklus (Gani et al., 2018). Bastiaansen et al. (2018), nenuneigdami didžiulio funkcinio magnetinio rezonanso naudojimo potencialo, išryškino ir šio metodo trūkumus. Autoriai pažymėjo, kad šiam metodui taikyti būtini dideli finansiniai išteklių, ribojamas tyrimo dalyvių mobilumas (aprengti specialia apranga jie turi gulėti ant siauro stalo, dėvėti ausines). Tyrimo dalyvių reakcija – gana siaura. Dalyviai į stimulą reaguoja paspausdami vieną iš dviejų mygtukų. Be to, pažymėtina ir palyginti prasta laikinoji rezoliucija (geriausiu atveju – kelios sekundės). Galima prielaida, kad dėl minėtų trūkumų funkcinis magnetinis rezonansas iki šiol beveik netaikytas sprendimams priimti statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje.

Funkcinė pusiau infraraudonoji spektroskopija (angl. *functional near-infrared spectroscopy*, fNIRS) – inovatyvus neurovaizdavimo metodas. Tai neinvazinis optinio vaizdavimo metodas, sugeneruojantis kraujo prisisotinimo deguonimi vietos smegenų dalyse žemėlapius (Meyerding ir Mehlhose, 2020). Funkcinė pusiau infraraudonoji spektroskopija atliekama dėvint specialų galvos uždangalą. Jame iš šaltinių šviesa sklinda į skalpą specifinėmis 700–900 nm ilgio bangomis. Hemoglobinas ir deoksigenuotas hemoglobinas kraujyje sugeria daugiau šviesos nei vandens ir kitų audinių smegenyse. Hemoglobino padidėjimas smegenyse siejamas su pažintinės veiklos sustiprėjimu. Neabsorbuota šviesa atsispindi atgal į detektorius galvos uždangale ir tokiu būdu galima matuoti pažintinės veiklos pokyčius. Skirtingas hemoglobino absorbcijų spektras sudaro galimybes apibūdinti aktyvuotas smegenų dalis ir pažintines veiklas per hemoglobino koncentracijos pokyčius. Svarbus šio metodo pranašumas – galimybė taikyti natūralioje ir patologijoje aplinkoje. Funkcinė pusiau infraraudonoji spektroskopija pasižymi geresne erdvine rezoliucija nei elektroencefalografija ir geresne laikinąja rezoliucija nei funkcinis magnetinis rezonansas. Funkcinė pusiau infraraudonoji spektroskopija

yra plačiai paplitusi rizikos ir netikrumo sąlygomis priimamų sprendimų eksperimentuose (Hu et al., 2018). Lyginant funkcinę pusiau infraraudonąją spektroskopiją su funkcinium magnetiniu rezonansu, akcentuotina, kad pirmajam metodui būdingas mobilumas. Tai reiškia, kad eksperimentai gali būti atliekami ir ne laboratorijoje. Mobilumas reikšmingai išplečia neurovaizdavimo procesų naudojimo lauką ir sumažina finansines neurovaizdavimo sąnaudas (Meyerding ir Mehlhose, 2020).

Pozitronų sklaidos tomografija – gana brangus metodas. Šiuo metodu gaunami psichologiniai vaizdiniai, kurių erdvinė rezoliucija panaši į funkcinio magnetinio rezonanso. Vaizdiniai gaunami renkant duomenis apie radiaciją, kylančią dėl pozitronų iš radioaktyvaus subjekto paviršiaus (Bereca, 2012). Pozitronų sklaidos tomografijos metodo naudojimo galimybes statybos sektoriuje pademonstravo Zahasky et al. (2019), tyrinėję vandens išteklius ir popaviršinius energijos išteklius, žvelgdami per energetikos tyrimų perspektyvą. Autoriai pažymėjo, kad pozitronų sklaidos tomografijos fizikinės savybės yra pakankamos, kad suformuotų esminį supratimą apie triukšmo šaltinius, rezoliucijos apribojimus ir saugos svarbą.

Išnagrinėjus funkcinio magnetinio rezonanso, funkcinės pusiau infraraudonosios spektroskopijos metodus, galima išgryninti kiekvieno šių metodų taikymo privalumus ir trūkumus (1.7 lentelė).

1.7 lentelė. Metodų, skirtų metabolinių neuronų veiklos pokyčiams matuoti, privalumai ir trūkumai

Table 1.7. Advantages and disadvantages of techniques intended to measure changes of activity in methabolic neurons

Metodai	Privalumai	Trūkumai
Funkcinis magnetinis rezonansas	<ul style="list-style-type: none"> • Plati erdvinė rezoliucija • Jei atliekamas teisingai, nekyla jokių rizikų • Paprastas taikomumas 	<ul style="list-style-type: none"> • Ribotas tyrimo dalyvių mobilumas • Ribota laikinoji rezoliucija • Didelės finansinės sąnaudos • Nekreipiamas dėmesys į individualių nervų ląsteles (neuronus), kurios būtinos protinei funkcijai • Siaura tyrimo dalyvių reakcija
Funkcinė pusiau infraraudonoji spektroskopija	<ul style="list-style-type: none"> • Galimybės metodą taikyti natūralioje ir patogioje aplinkoje • Geresnė erdvinė rezoliucija už elektroencefalografijos 	<ul style="list-style-type: none"> • Standartizuoto signalų apdorojimo metodo ar gairių stoka, kas lemia poreikį rinktis privataus verslo siūlomas analizės priemones • Matuojama neuronų veikla galvos paviršiuje, nesigilinant į anatomicinę informaciją apie smegenis

1.7 lentelės pabaiga

Metodai	Privalumai	Trūkumai
	<ul style="list-style-type: none"> • Geresnė laikinoji rezoliucija už funkcinio magnetinio rezonanso • Neinvazinis metodas • Sudaroma galimybė nustatyti nervinio atsako lokalizaciją ir specializaciją • Mažesnės finansinės sąnaudos (lyginant su funkcinio magnetinio rezonanso taikymu) 	<ul style="list-style-type: none"> • Prastesnė erdvinė rezoliucija už funkcinio magnetinio rezonanso
Pozitronų sklaidos tomografija	<ul style="list-style-type: none"> • Aukšta erdvinė rezoliucija • Aukštas patikimumas ir validumas, kai matuojami pažintiniai ir emociniai atsakai • Stebima metabolinė smegenų veikla 	<ul style="list-style-type: none"> • Vienas iš svarbiausių techninio pobūdžio apribojimų yra radioaktyvios medžiagos įsigijimas ir trumpas šios medžiagos gyvavimo laikas • Prasta laikinoji rezoliucija • Reikalingos didelės finansinės sąnaudos • Invazinis metodas

Atlikta metabolinių neuronų veiklos pokyčiams matuoti skirtų metodų analizė parodė, kad didžiausiu taikymo potencialu nekilnojamojo turto sektoriuje šioje metodų grupėje išsiskiria funkcinis magnetinis rezonansas. Šio metodo pranašumą lemia plačios erdvinės rezoliucijos galimybės, minimalios rizikos ir paprastas taikymas.

1.5.3. Metodai, skirti psichologinio atsako į marketingo stimulą pokyčiams matuoti

Trečioji neuromarketingo metodų grupė yra orientuota į psichologinio atsako į marketingo stimulą pokyčių matavimą. Į šią grupę patenka žvilgsnio fiksavimo, galvanių odos reakcijų, veido išraiškų atpažinimo metodai.

Žvilgsnio fiksavimas (angl. *eye tracking*) – tai asmens žvilgsnio judesių fiksavimas, siekiant nustatyti, kur asmuo žvelgia tam tikru laiko momentu ir kokių eiliškumu jo akys juda iš vienos vietos į kitą. Asmenų žvilgsnio fiksavimas sudaro prielaidas gauti įžvalgas apie dėmesio paskirstymą, vizualines paieškos strategijas, pažintinius procesus. Visa tai organizuojama ir prioritetizuojama smegenyse, o vėliau atsispindi ir elgsenoje. Atsižvelgiant į tai, kad asmens žvilgsnis koreliuoja

su dėmesiu, galima teigti, kad žvilgsnio fiksavimo metodas sudaro prielaidas tyrėjams įvertinti subjekto dėmesio paskirstymą. Be to, taikant žvilgsnio fiksavimo metodą, galima nagrinėti asmens sąmoningumą, suvokimą, nuovargį, pažintinius procesus. Remiantis surinktais duomenimis, galima daryti prielaidas apie stebimo asmens elgseną ateityje. Šiuo tikslu žvilgsnio fiksavimo technologija įvertina nepriklausomojo kintamojo – stimulo – įtaką priklausomiems kintamiesiems (žvilgsnio judesio rodikliams) (Hasanzadeh et al., 2016; Hasanzadeh et al., 2018).

Tai itin populiarus neuromokslų metodas rinkos tyrimuose. Jis taikomas ne tik atliekant rinkos tyrimus, bet ir tokiose disciplinose, kaip programinės įrangos dizainas, interneto svetainių dizainas, psichologija, žmogaus elgsenos tyrimai, žaidimų dizainas (Mohammadpour et al., 2015; Habibnezhad et al., 2016). Gana dažnai žvilgsnio fiksavimo metodas taikomas statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje, siekiant identifikuoti statybos sektoriaus darbuotojams kylančias rizikas (Habibnezhad et al., 2016; Hasanzadeh et al., 2018). Šio metodo populiarumą galima lemti tai, kad tiriamieji savo dalyvavimo tyrime tiesiogiai nejaučia, nepasitebi, papildomai nėra gaišinamas jų laikas. Kita vertus, tokiu atveju kyla etinių dilemų dėl dalyvių informavimo apie dalyvavimą rinkos tyrime. Neretai žvilgsnio fiksavimo metodas derinamas su elektroencefalografija (Cosic, 2016). Atkreiptinas dėmesys ir į tai, kad žvilgsnio fiksavimo įranga dažniausiai yra brangi, jai valdyti būtini specifiniai įgūdžiai ir žinios. Stinga patogios, nešiojamosios įrangos, turinčios duomenų apdorojimo galimybių realiuoju laiku (Hasanzadeh et al., 2016). Bėgant laikui ši įranga tampa vis patogesnė vartotojui, efektyvesnė sąnaudų požiūriu. Mohammadpour et al. (2015) pažymi, kad dėl skirtingo akies obuolio ploto, formų, dėvimų akinių, pakeičiančių akies dydį, kiekvienam tyrimo dalyviui būtina sukalibruoti akies žvilgsnio fiksavimo metodą. Kalibravimo procedūrai atlikti dalyvio paprašoma atsisėsti ir atsipalaiduoti priešais žvilgsnio fiksavimo kamerą. Tyrimo dalyvio paprašomas nejudėti. Tuomet dalyvis pažvelgia į 9 kalibracijos vietas ekrane.

Taikant žvilgsnio fiksavimo metodą, naudojami mobilūs akiniai ar stacionarus prietaisas su infraraudonųjų spindulių kameromis, skirtomis nustatyti, kur asmuo kreipia savo žvilgsnį (Tichy et al., 2012). Anot Hasanzadeh et al. (2018), ragenos atspindžio ir žvilgsnio kryptčiai sekti būtina infraraudonųjų spindulių technologija ir aukštos rezoliucijos kameros. Autorių teigimu, ši technologija sudaro galimybes tyrėjams nenutraukiamai stebėti žvilgsnio taškus 2D ekrane ar 3D aplinkoje. Žvilgsnio fiksatoriai gali būti nuotoliniai (eksperimento metu subjektas sėdi priešais ekraną) ir mobilieji (eksperimento metu subjektui sudaromos sąlygos laisvai judėti).

Naudojant žvilgsnio sekimo metodą matuojamos fiksacijos ir judėjimas. Fiksacija žymima tuomet, kai vartotojo žvilgsnis sąlygiškai nejuda specifinėje vietoje, o judėjimas – tai greitas žvilgsnio judėjimas nuo fiksacijų prie kitų elementų (Mohammadpour et al., 2015). S. Hasanzadeh et al. (2018) taip pat rekomenduoja

nagrinėti fiksacijas (sąlygiškai statiška akies pozicija išlaikoma 100–200 ms) ir judėjimą (staigų akies judėjimą tarp fiksacijos taškų). Ir nors Mohammadpour et al. (2015) ir S. Hasanzadeh et al., (2018) iš pirmo žvilgsnio siūlo analogiškus rodiklius, panagrinėjus detaliau matyti, kad vieno iš šių rodiklių – judėjimo – turinys skiriasi. Mohammadpour et al. (2015) teigimu, judėjimas matuojamas kaip žvilgsnio judėjimas nuo fiksacijos prie kitų elementų, o Hasanzadeh et al. (2018) judėjimą matuoja tarp fiksacijos taškų. Habibnezhad et al. (2016), taikant žvilgsnio fiksavimo metodą, siūlo vertinti tokius rodiklius:

- procentinė sustojimo laiko dalis: žvilgsnio sustojimo laiko dalis nuo viso stimulo demonstravimo laiko;
- pirmosios fiksacijos trukmė: tyrimo dalyvio pirmosios žvilgsnio fiksacijos į stimulą trukmė;
- procentinė fiksacijos dalis: fiksacijų skaičiaus dalis nuo visų fiksacijų stimulo demonstravimo metu.

Tichy et al. (2012) pažymi, kad šiuo metodu gaunamas rezultatas – žemėlapis su karštaisiais taškais, rodantis, kur dažniausiai kreiptas žvilgsnis. Mohammadpour et al. (2015) patikslina, kad, pasitelkiant žvilgsnio fiksavimo programinę įrangą (pvz., „Mirametrix S2“), renkami duomenys apie žvilgsnio pozicijas, priklausomai nuo susidomėjimo ir agreguotų žvilgsnio fiksacijų, kurie vaizduojami karštųjų taškų žemėlapyje. Karštųjų taškų žemėlapiį Hasanzadeh et al. (2018) apibūdina kaip 2D vizualizaciją, kurioje visos analizuotos fiksavimo vertės atvaizduotos spalvų skalėse. Karštųjų taškų žemėlapius galima sukurti kiekvienam tyrimo dalyviui atskirai ar visai tyrimo imčiai. Šis vizualizacijos tipas suteikia naudingos apibendrintos informacijos. Įprastai naudojami ne tik karštųjų taškų žemėlapiai, bet ir akies judėjimo keliai. Akies judėjimo kelias – tai erdvinis žvilgsnio judėjimo–fiksavimo–judėjimo atvaizdavimas. Optimalus judėjimo kelias – tai tiesi linija, vaizduojanti akies judėjimą tarp norimų taškų. Kadangi judėjimo kelias parodo judėjimo stebimoje erdvėje eigą, šis rezultatas suteikia daugiau svarbios informacijos už fiksavimo vietų vizualizacijas.

Atliekant žvilgsnio sekimo tyrimus, siekiat užtikrinti 90 proc. rezultatų patikimumą, reikėtų bent 20–30 dalyvių (Grigaliūnaitė ir Pilelienė 2016). Moksliniuose tyrimuose, kuriuose pasitelkiamas žvilgsnio fiksavimo metodas, dalyvių skaičius siekia nuo 8 iki 27 (1.8 lentelė). Statybos ir nekilnojamojo turto tyrimuose, kuriuose taikytas žvilgsnio fiksavimo metodas, matuoti įvairūs rodikliai, rodantys žvilgsnio fiksaciją ir judėjimą.

Galvaninės odos reakcijos (angl. *galvanic skin response*) – tai biometrinė priemonė, kuria matuojamas plačiai taikomas matas, vadinamas odos laidumu. Naudojantis galvaninėmis odos reakcijomis, surenkami duomenys apie odos išskirto prakaito kiekius. Šie kiekiai yra tiesioginiu koreliaciniu ryšiu susiję su emocinio susijaudinimo stiprumu. Žmonėms susiduriant su emociniais įvykiais (pvz.,

stresu, malonumu) kasdieniame gyvenime, jų prakaito lygis didėja. Didėjant prakaito lygiui, stiprėja ir odos laidumo reakcijos.

1.8 lentelė. Statybos ir nekilnojamojo turto tyrimai, kuriuose taikytas žvilgsnio fiksavimo metodas

Table 1.8. Researches that employed eye tracking technique in construction and real estate field

Autoriai	Tyrimo tikslas	Tyrimo dalyvių skaičius	Naudota įranga	Matuoti rodikliai
Mohammadpour et al. (2015)	Nustatyti galutinio vartotojo pasitenkinimą statinio projekto dizainu	8 dalyviai	„Mirametrix S2 eye tracker“	Fiksacija, judėjimas
Habib-nezhad et al. (2016)	Nustatyti ryšį tarp statybos sektoriaus darbuotojų rizikos suvokimo ir akių judesių rizikos identifikavimo metu	24 statybos sektoriaus darbuotojai ir 6 studentai, turintys pagalbino darbo statybos sektoriuje patirties	„SR Research EyeLink II“ ant galvos dėvima žvilgsnio fiksavimo sistema	Procentinė sustojimo laiko dalis, pirmosios fiksacijos trukmė, procentinė fiksacijos dalis
Hasanzadeh et al. (2016)	Nustatyti statybos sektoriaus darbuotojų situacijos pažinimą realiu laiku	14 bakalauro ir magistro pakopų studentų	Naujos kartos patogūs, lengvi, nekliudantys žvilgsnį fiksuojantys akiniai „Tobii Pro glasses 2“	Laikas iki pirmosios fiksacijos, fiksacijų skaičius, sustojimo laikas
Hasanzadeh et al. (2017)	Nustatyti saugos žinių įtaką statybos darbuotojų dėmesio paskirstymui ir rizikų aptikimui	27 statybos sektoriaus darbuotojai	„SR Research EyeLink II“ ant galvos dėvima žvilgsnio fiksavimo sistema	Procentinė sustojimo laiko dalis, pirmosios fiksacijos trukmė, procentinė fiksacijos dalis

1.8 lentelės pabaiga

Autoriai	Tyrimo tikslas	Tyrimo dalyvių skaičius	Naudota įranga	Matuoti rodikliai
Hasanzadeh et al. (2018)	Nustatyti ryšį tarp statybos sektoriaus darbuotojų vizualinio dėmesio ir situacijos pažinimo griūčių ir kitomis pavojingomis sąlygomis	14 baka-lauro ir magistro pakopų studentų	Naujos kartos patogūs, lengvi, nekliudantys žvilgsnį fiksuojantys akiniai „Tobii Pro glasses 2“	Fiksacijos trukmė, sustojimo laikas, fikzacijų skaičius
Jeelani et al. (2018)	Nustatyti pavojų atpažinimo nuspėjamumą vizualinėmis paieškomis	23 statybos sektoriaus darbuotojai	„EyeTech VT3“ nuotolinis akių seklys	Fiksacijų skaičius, fikzacijų trukmė, vidutinė vienos fiksacijos trukmė, erdvinis fiksacijos tankumas, sustojimo greitis

Kai kuriais atvejais skirtingi neuromokslų metodai buvo derinti drauge. Ergon et al. (2019) žmogiškosios patirties architektūrinėse erdvėse, kuriose integruota virtualioji realybė ir kūno daviklių tinklai, vertinti taikė tokius metodus: elektroencefalogramą žmogaus smegenų elektrinei veiklai matuoti, galvanines odos reakcijas odos elektriniam laidumui matuoti, veido ar regos elektromiografiją veido išraiškoms nustatyti, žvilgsnio fiksavimą žmonių akių judesiams erdvėje vertinti ir fotopletizmogramą širdies ritmo pokyčiams matuoti.

Veido išraiškų atpažinimas – dar vienas metodas, skirtas psichologinio atsako į marketingo stimulų pokyčiams matuoti. Veido išraiškos – tai patikimi asmens emocinės būsenos rodikliai. Veido išraiškas atpažinti galima automatiškai, pasitelkiant programinę įrangą, tokią kaip „Face Reader“. Ši programa yra grindžiama veido judesių kodavimo sistema (angl. *facial action coding system*). Programa seka vartotojų veidus ir užkoduoja raumenų judesius 44 veiksmų vienetais. Veiksmų vienetai – tai vieno ar daugiau raumenų įsitempimai ar atsipalaidavimai. Galimos tūkstančių kombinacijų variacijos, sudarančios prielaidas identifikuoti skirtingas emocijas.

Išnagrinėjus žvilgsnio fiksavimo, galvaninės odos reakcijos, veido išraiškų atpažinimo metodus, galima išgryninti kiekvieno šių metodų taikymo privalumus ir trūkumus (1.9 lentelė).

1.9 lentelė. Metodų, skirtų psichologinio atsako į marketingo stimulą pokyčiams matuoti, privalumai ir trūkumai

Table 1.9. Advantages and disadvantages of techniques intended to measure changes of psychological response to marketing stimulus

Metodai	Privalumai	Trūkumai
Žvilgsnio fiksavimas	<ul style="list-style-type: none"> Tiriamieji gali nejausti ir nepastebėti, kad dalyvauja tyrime, nėra papildomai gaišinamas tyrimo dalyvių laikas Žvilgsnio fiksavimo įranga tampa vis patogesnė naudotojams 	<ul style="list-style-type: none"> Etinės dilemos dėl dalyvių informavimo apie įtraukimą į tyrimą Būtinai kalibravimas kiekvienam tyrimo dalyviui Žvilgsnio fiksavimo įranga yra brangi Žvilgsnio fiksavimo įrangai valdyti būtini specifiniai įgūdžiai, žinios
Galvaninės odos reakcijos	<ul style="list-style-type: none"> Reikalinga įranga tapo priekamesnė ir įperkamesnė Neribojamas tyrimo dalyvio judėjimas Gana paprastas taikymas Nesudėtingas pakartotinis testavimas 	<ul style="list-style-type: none"> Galimi klaidingi artefaktai, jei tyrimo dalyvis smarkiai mosikuoja rankomis Galimi klaidingi artefaktai esant dideliems temperatūrų svyravimams Dėl tyrimo dalyvių skirtumų pagal atsaką į stimulą laiką gali būti sudėtinga agreguoti duomenis
Veido išraiškų atpažinimas	<ul style="list-style-type: none"> Trumpas duomenų surinkimo laikotarpis (neretai trunkantis iki kelių minučių) Neinvazinis metodo pobūdis Nenatūrali aplinka Aukšto detalumo lygio informacija 	<ul style="list-style-type: none"> Neretai šiam metodui taikyti reikia didelių finansinių sąnaudų, nes mokama tyrimo dalyviams, įrangos tiekėjams, asistuojančiam personalui Siauras taikymo laukas, nes tyrimas atliekamas tam tikroje aplinkoje

Išnagrinėjus metodus, skirtus psichologinio atsako į marketingo stimulą pokyčiams matuoti, išskirtiniais pranašumais statybos ir nekilnojamojo turto sektoriaus kontekste pasižymi žvilgsnio fiksavimo metodas. Taikant šį metodą, tiriamieji gali nejausti ir nepastebėti, kad dalyvauja tyrime, nėra papildomai gaišinamas tyrimo dalyvių laikas. Be to, žvilgsnio fiksavimo įranga tampa vis patogesnė naudotojams.

1.6. Pirmojo skyriaus išvados ir disertacijos uždavinių formulavimas

1. Neuromarketingo koncepcijos raidos ir sampratos analizė parodė, kad neuromarketingo turinys pastaruosius kelis dešimtmečius plėtėsi. Ši tarpdisciplininė mokslo sritis apibūdinama kaip neuromokslų teorijų, metodų, praktikos priemonių panaudojimas, sudarantis prielaidas analizuoti ir suprasti vartotojų elgseną, nustatyti vartotojų atsaką į marketingo veiksmus, pažinti vartotojus, išgryninant

pažintinius, psichologinius ir emocinius procesus, o taip pat įvertinti marketingo funkcijų efektyvumą.

2. Apibendrinus neuromarketingo tyrimus, neuromarketingo metodai suskirstyti į tris skirtingo turinio grupes: 1) momentinius metodus, skirtus elektroninių neuronų veiklos pokyčiams matuoti; 2) metodus, skirtus metabolinių neuronų veiklos pokyčiams matuoti; 3) metodus, skirtus psichologinio atsako į marketingo stimulą pokyčiams matuoti. Atlikta šias grupes atstovaujančių metodikų analizė atskleidė minėtų metodų taikymo potencialą priimant marketingo sprendimus, dirbant su skirtingo amžiaus, gyvenimo patirties, charakterio bruožų tikslinėmis auditorijomis, pageidaujantiomis gyventi ten, kur jaučiasi geriausiai.

3. Neuromokslų metodų privalumų ir trūkumų analizė rodo, kad silpniausiai apribojimais pasižymi funkcinė pusiau infraraudonoji spektroskopija ir galvaninės odos reakcijos, tačiau tai neatskleidžia absoliutaus šių metodų pranašumo prieš kitus neuromokslų metodus. Kiekvienu atveju tinkamiausias metodas turėtų būti parenkamas priklausomai nuo tyrimo tikslo, tyrimo konteksto, turimų žmogiškųjų, finansinių ir laiko išteklių.

4. Neuromokslų metodai statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje gali būti naudojami priimant su atskirais marketingo komplekso elementais (produktu, kaina, paskirstymu, rėmimu) sietinus marketingo sprendimus, dirbant su skirtingo amžiaus, gyvenimo patirties, charakterio bruožų tikslinėmis auditorijomis, pageidaujantiomis gyventi ten, kur jaučiasi geriausiai.

5. Atlikus mokslinės literatūros analizę, nustatyta, kad, taikant neuromarketingą statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje, lieka probleminių klausimų, kuriuos svarbu nagrinėti, nes: 1) gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto sprendimams įgaunant vis didesnę svarbą, kyla poreikis sukurti neuromarketingo principais grįstą modelį, taikytiną nekilnojamojo turto rinkoje; 2) būtina empiriškai patikrinti neuromarketingo principais grįsto modelio pritaikomumą. Visa tai skatina kurti neuromarketingo taikymo energiška efektyvaus nekilnojamojo turto rinkoje modelį, toliau formuluojant tokius uždavinius: 1) suformuoti neuromarketingo taikymo energiška efektyvaus nekilnojamojo turto rinkoje modelį; 2) parinkti ir pagrįsti modelio taikymo etapus, reikalingą įrangą, duomenis, požymius; 3) modelio taikymo rezultatyvumą patikrinti energiška efektyvaus nekilnojamojo turto rinkoje.

2

Neuromarketingo taikymo energišškai efektyvaus nekilnojamojo turto rinkoje modeliavimas

Šiame skyriuje pateiktas neuromarketingo principais grįstas modelis, taikytinas efektyvaus nekilnojamojo turto rinkoje modelis. Neuromarketingo metodams taikyti numatytas eiliškumas, parengta reikalingos techninės įrangos specifikacija. Skyriuje parengta neurosprendimų priėmimo matrica, numatytas INVAR metodo taikymas, psichologinių ir demografinių požymių tikslumo vertinimas.

Skyriaus tematika paskelbti trys autoriaus straipsniai (Kaklauskas et al., 2018, 2019; Zavadskas et al., 2020).

2.1. Neuromarketingo taikymo nekilnojamojo turto rinkoje etapai ir reikalingos techninės įrangos specifikacija

Švari energija, energijos sujungimas, energiška efektyvūs pastatai, ekoinovacijos, su aplinka susijusios ir panašios iniciatyvos ir strategijos tapo labai populiarios ir plačiai naudojamos visame pasaulyje (Ionescu et al., 2015; Zhang, 2015). Jaukiai sukurtos aplinkos atributai (parkai, gėlynai, gražūs pastatai) ir atstumiančios aplinkos atributai (triukšmas, užteršta aplinka) skirtingai veikia pirkėjo požiūrį į gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objekto pasiūlymą. Estetiška, patogi ir švariai sukurta aplinka sukelia teigiamų emocijų ne tik gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto pasirinkimo ir pirkimo metu, bet ir pastato gyvavimo ciklo metu. Potencialūs gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto pirkėjai visada jaučiasi patogiai tam tikroje sukurtoje aplinkoje ir yra linkę ten praleisti daugiau laiko. Atliekamame tyrime potencialiais pirkėjais laikomi praeiviai, kurių duomenys renkami šešiose Vilniaus miesto sankryžose, greta energiją taupančių gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objektų. Fiksuojamos visų praeivių charakteristikos, motyvuojant tuo, kad kiekvienas iš jų gali tapti potencialiu gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objekto pirkėju. Kaip rodo ilgametė šio disertacinio darbo autoriaus patirtis prekybos nekilnojamoju turto srityje, įprastai apie 50 proc. naujų gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objektų Vilniaus mieste išigyja šios dvi asmenų grupės: 1) asmenys, jau gyvenantys konkrečiame rajone (senos statybos, mažesnio ploto butuose), kai to paties rajono pasirinkimą lemia pripratimas ar patogumas (pavyzdžiui, vaikai jau lanko ugdymo įstaigas tame rajone); 2) asmenys, dirbantys konkrečiame rajone. Atsižvelgiant į šias tendencijas, vidutiniškai vienas iš dviejų praeivių gali būti laikomas potencialiu naujos statybos gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto pirkėju.

Atliekamu tyrimu siekiama rasti atsakymus į tokius klausimus: kaip įvertinti potencialių pirkėjų segmentaciją / fiziologinius rodiklius (rinkos sudėtį pagal lytį ir amžiaus grupes), taip pat emocijas (laimingas, liūdnas, piktas, valentingas) ir fiziologines (širdies darbo) būsenas, kad būtų galima pateikti integruotą tokių duomenų vertinimą ir pasiūlyti pirkėjams racionalias, energiją taupančio gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto alternatyvas? Siekiant įgyvendinti šį tikslą, parengtas daugiasensoris neuromarketingo metodas energiją taupančiam gyvenamosios paskirties nekilnojamajam turtui. Visa tai atlikta šešiais etapais.

I etapas. Neurosprendimų priėmimo matricos paruošimas ir pradinių duomenų koreliacijos analizei, atsižvelgiant į emocinę ir fiziologinę skirtingų amžiaus grupių bei lyčių būklę, parengimas.

II etapas. INVAR (projekto naudingumo ir investicinės vertės įvertinimo laipsnio) metodo taikymas. INVAR metodas pasirinktas kaip vienintelė alternatyva nekilnojamojo turto vertei skaičiuoti. Atliekant daugiakriterę analizę pasirinktose vietose siekta nustatyti racionalius ir emocinius rinkos segmentus pagal geografinius kriterijus (oro ir triukšmo tarša šešiose Vilniaus miesto sankryžose), demografinius kriterijus (vyrai ir moterys, priklausantys 21–30 metų ir 31–40 metų amžiaus grupėms) ir psichologinius bei vartotojų elgesio kriterijus (laimingas, liūdnas ir piktas, kartu su valentingumu ir širdies ritmu).

III etapas. Pateikiamas fiziologinių ir demografinių žymenų įvertinimo tikslumas.

IV etapas. Atvejo analizė, kurios tikslas buvo išanalizuoti įvairius gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto alternatyvų kriterijus. Siekta išnagrinėti šešias vietas, kuriose yra didžiausia parduodamų gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto paklausa ir kuriose žmonės jautėsi geriausiai, t. y. teigiamos emocijos labai viršijo neigiamas emocijas pagal Damasio sudarytą somatinio žymens hipotezę (Damasio, 1994).

Nagrinėjamame kontekste svarbios somatinės žymens hipotezės, kurias suformulavo Damasio (1994), rodo, kad emociniai pokyčiai lemia elgesį ir sprendimų priėmimą. Kadangi jausmai yra susiję su kūno pojūčiais, Damasio (1994) šį reiškinį pavadino somatine būseną (gr. *soma* – kūnas). Damasio (1994) šią būseną pavadino žymeniu, nes būseną žymi vaizdą. Terminą *somatic* Damasio vartojo plačiąja prasme, siedamas jį su kūnu. Autoriaus paminėti somatiniai žymenys apima tiek vidaus organų, tiek ne visceralinius pojūčius. Jo nuomone, emocijoms tenka lemiamas vaidmuo, net priimant paprasčiausius kasdienius sprendimus. Pavyzdžiui, asmuo, kiekvieną kartą gavęs somatinį žymenį, susijusį su teigiamu rezultatu, gali jaustis laimingas, todėl gali būti įkvėptas kartoti tą patį elgesį. Kai somatinis žymuo siejasi su neigiama pasekme, asmuo gali pasijusti liūdnas. Tai veikia kaip vidinis signalas, įspėjantis asmenį apie vengimą įsitraukti į tą veiksmą (Damasio, 1994).

V etapas. Lyginami kriterijai, apibūdinantys potencialių pirkėjų emocines būsenas pagal amžių ir lytį šešiose nagrinėjamose vietose.

VI etapas. Išvadų parengimas. Atlikus analizę,rinka segmentuojama pagal geografinius kriterijus (oro ir triukšmo taršos lygį šešiose Vilniaus sankryžose), demografinius kriterijus (vyrai ir moterys 21–30 metų ir 31–40 metų) ir psichografinius bei vartotojų elgsenos kriterijus (laimingas, liūdnas ir piktas, kartu su valentingumu ir širdies ritmu). Tokiu būdu identifikuojami didžiausią paklausą turintys energiją taupantys gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objektai.

Įrangos sistemą, skirtą emocijoms ir fiziologinėms būsenoms vertinti, sudaro „FaceReader 7.1“ su papildomu nuotoliniu fotopletizmografijos moduliu, X4M200 kvėpavimo jutikliu, infraraudonųjų spindulių kamera FLIR A35SC ir

H.264 patalpoje esančia mini kupolo IP kamera. Duomenų rinkimas vyko kas sekundę. Atliekant tyrimą panaudotos tokios technologijos: „Noldus Information Technology“ ir „XeThru“. Siekiant nustatyti veido vietą vaizde, naudotas Viola ir Jones pakopinis klasifikacinis algoritmas. Šis algoritmas ir buvo sukurtas veidams nustatyti vaizduose (Viola ir Jones, 2004). Naudotas ir veido modeliavimo modelis „Active Appearance Model“ (Cootes ir Taylor, 2004). Šis modelis sintezuoja dirbtinį veido modelį, apibūdinamas 500 pagrindinių veido taškų vietas kartu su veido tekstūra. Be to, taikytas ir automatinio veido išraiškos atpažinimo metodas (Kuilenburg et al., 2005), veido veiksmo kodavimo sistema (veido judesiams matuoti) ir dalyvio bei pastovaus kalibravimo metodus, kurie randami „FaceReader“.

I etapas. Neurosprendimų priėmimo matricos paruošimas ir pradiniai duomenys koreliacinei analizei, atsižvelgiant į emocinę ir fiziologinę skirtingų amžiaus grupių bei lyčių būklę: energiją taupančio gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto projektų apibrėžimo kriterijai; vietos teršalų, įskaitant CO, NO₂, PM10, lakiuosius organinius junginius ir triukšmą, apibrėžimo kriterijai; kriterijai, apibūdinantys potencialių pirkėjų emocines ir fiziologines būsenas šešiose vietose. Šios būsenos apima laimę, liūdesį ir pyktį, taip pat valentingumą ir širdies ritmą.



II etapas. INVAR (projekto naudingumo ir investicinės vertės įvertinimo laipsnio) metodo taikymas.



III etapas. Fiziologinių ir demografinių žymenų tikslumo įvertinimas.



IV etapas. Atvejo analizė. Analizuotos šešios vietos, kuriose yra didžiausia gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto pardavimo paklausa ir kuriose žmonės jaučiasi geriausiai, t. y. teigiamos emocijos yra kur kas didesnės nei neigiamos emocijos pagal Damasio sudarytą somatinio žymens hipotezę. Alternatyvos vertinamos pagal tris kriterijų posistemius.



V etapas. Kriterijų, apibūdinančių potencialių pirkėjų emocines būsenas pagal amžių ir lytį šešiose nagrinėjamosiose vietose, palyginimas su pasauline praktika ir jų patvirtinimu. Alternatyvos vertinamos pagal tris kriterijų posistemius.



VI etapas. Išvadų rengimas.

2.1 pav. Duagiasensorio ir energiją taupančio gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto neuromarketingo metodo bendras išdėstymas

Fig. 2.1. General layout of the multisensory and energy efficient housing neuromarketing method

Įrangos taikymui kelti tokie reikalavimai:

- didelės spartos interneto prieiga, ne mažesnė kaip 600 MB/s. Prieiga prie interneto gali būti teikiama kabeliu arba dviem belaidžiais 300 MB/s tinklais. Reikalingas 50 GB/s įkėlimo greitis. Taip pat kiekvieną mėnesį įrangos posistemiui būtinas neribotas duomenų kiekis. Signalo stiprumo kokybė neturėtų būti mažesnė nei 4/5. Be to, reikalingas statinis išorinis IP adresas;
- tinklo jungtis;
- būtina identifikuoti visas optimalias analizuojamas vietas. Anoniminių potencialių pirkėjų nuasmenintos emocinės ir fiziologinės būsenos šešiose vietose turi būti fiksuojamos 20 m atstumu.

Gautiems duomenims apdoroti, analizuoti ir rezultatams pateikti naudotas daugiasensoris, energiją taupančio gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto neuromarketingo metodas (2.1 pav.).

Sukaupta apie 200 milijonų daugiasensorių duomenų įrašų. Šie įrašai nusako praėivių emocines ir fiziologines būsenas, aplinkos oro taršą (CO, NO₂, PM10, lakieji organiniai junginiai) ir triukšmo taršą. Surinkti duomenys laikomi VILNIUS TECH specialiai tuo tikslu sukurtoje duomenų bazėje.

2.2. Duomenų rinkimas neurosprendimų priėmimo matricai parengti

Šiame darbo poskyryje pristatomas duomenų rinkimas neurosprendimų priėmimo matricai parengti. Duomenys apie energiška efektyvius nekilnojamojo turto projektus rinkti matuojant oro taršą, triukšmą, vertinant depersonalizuotas emocines ir psichologines potencialių pirkėjų būsenas. Šie duomenys panaudoti neurosprendimų priėmimo matricai parengti, kuri bus nagrinėjama trečiajame darbo skyriuje (žr. A, B, C priedus).

Tyrimas atliktas iš anksto numatytose vietose. Šešios pasirinktos vietos Vilniaus mieste – tai vietos, kuriose numatyta skelbti marketingo komunikaciją, siekiant realizuoti energiją taupančius gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objektus. Iš jų keturi buvo atrinkti daugiakriterinei analizei. Taikant biometrinius metodus ir technologijas nuo 2017 m. lapkričio iki 2019 m. birželio pasirinktose vietose buvo matuojama tarša. Matuoti tokie taršos žymenys: CO, triukšmas, sveikatai kenksmingų dalelių kiekis, lakieji organiniai junginiai, NO₂.

Fiksuoti ir potencialių pirkėjų fiziologiniai rodikliai (potencialių pirkėjų lyties, amžiaus pasiskirstymas), emocinės būsenos (laimingi, liūdni, pikti ir valentingi) ir fiziologinės būsenos (širdies ritmas). Minėtieji rodikliai fiksuoti tiek vaikams, tiek suaugusiesiems.

Nuo 2018 m. gegužės 25 d. visose ES valstybėse narėse taikomas Bendrasis duomenų apsaugos reglamentas (BDAR). Atsižvelgiant į BDAR reikalavimus ir Lietuvos teisinę bazę, reguliuojančią duomenų apsaugą, renkant tyrimo duomenis buvo atliktas įrangos posistemio duomenų apsaugos ir poveikio vertinimas. Šis duomenų apsaugos poveikio vertinimas sudarė prielaidas surinkti tyrimui reikalingus nuasmenintus duomenis, aprašytus pirmiau.

Stengtasi potencialius pirkėjus sugrupuoti pagal laimės jausmą ir emocijas. Atrinkti potencialūs pirkėjai, kurie tirtose vietose jautėsi laimingiausi ir turėjo mažiausiai neigiamų emocijų. Planuota surengti energiją taupančių gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objektų marketingo kampaniją, kurios tikslinė auditorija būtų laimingiausios potencialių pirkėjų grupės. Šis planas dera su Damasio (1994) pasiūlyta somatinio žymens hipoteze. Pagal šią hipotezę, gavęs somatinį žymenį, sietiną su teigiamu rezultatu, asmuo gali jaustis laimingas ir tokiu būdu jis bus įkvėptas sekti tokį elgesį. Gavęs somatinį žymenį, siejamą su neigiamomis pasekmėmis, asmuo gali pasijusti liūdnas, o tai veikia kaip vidinis signalas, perspėjantis asmenį vengti įsitraukti į tą veiksmą (Damasio, 1994).

2.3. INVAR metodo taikymas

Daugiakriterė analizė buvo atlikta taikant INVAR metodą (Kaklauskas, 2016). Kai variantai nagrinėjami INVAR metodu, variantų prioritetai ir reikšmingumas proporcingai ir tiesiogiai priklauso nuo rodiklių sistemos, apibūdinančios alternatyvas pagal reikšmingumų dydžius ir rodiklių reikšmes. INVAR metodas taikomas dešimčia etapų (Zavadskas et al., 1994, Kaklauskas, 1999) (2.2 pav.).

Pirmajame etape rengiama normalizuota sprendimų matrica D . Šiame etape siekiama gauti normalizuotus, t. y. bedimensius, dydžius iš lyginamų alternatyvų. Apskaičiuavus bedimensius įvertintus dydžius, atliekamas visų skirtingų matavimo vienetų rodiklių palyginimas, pasitelkiant tokią formulę:

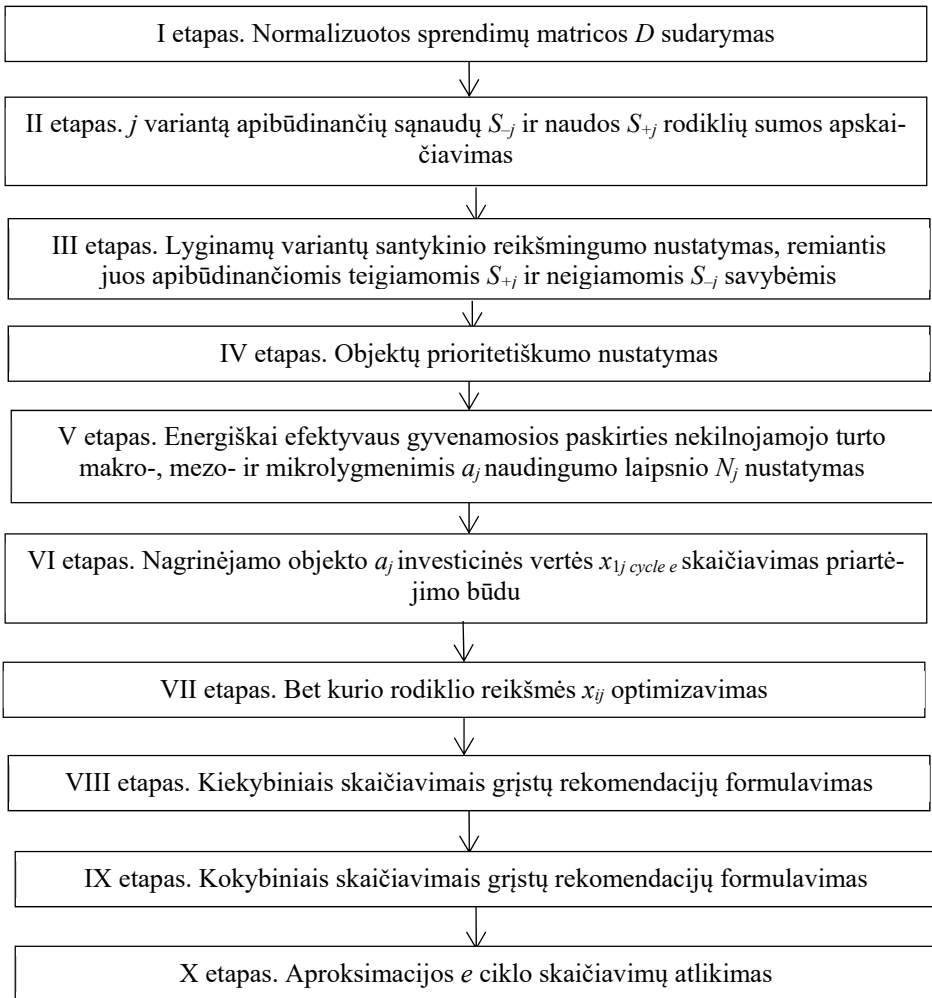
$$d_{ij} = \frac{x_{ij}q_i}{\sum_{j=1}^n x_{ij}}, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}, \quad (2.1)$$

čia x_{ij} – i rodiklio reikšmė j sprendimo variantu; m – rodiklių skaičius; n – lyginamų variantų skaičius; q_i – i rodiklio reikšmingumas.

Visų rodiklio x_i gautų bedimensių įvertintų reikšmių d_{ij} suma visais atvejais bus lygi šio rodiklio reikšmingumui q_i :

$$q_i = \sum_{j=1}^n d_{ij}, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}. \quad (2.2)$$

Tai reiškia, kad analizuojamo rodiklio reikšmingumo q_i reikšmė yra proporcingai paskirstoma visiems alternatyviems variantams a_j pagal jų reikšmes x_{ij} .



2.2 pav. INVAR metodo taikymas
Fig. 2.2. Application of INVAR method

Antrajame etape atliekami j variantą apibūdinančių sąnaudų S_{-j} ir naudos S_{+j} rodiklių sumos skaičiavimai. Mažesnė sąnaudų reikšmė laikoma geresne (pvz., nusikaltimų skaičius, gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto kaina). Naudos atveju geresne reikšme laikoma didesnė reikšmė. Sumos skaičiuojamos pagal tokią formulę:

$$S_{+j} = \sum_{i=1}^m d_{+ij}; S_{-j} = \sum_{i=1}^m d_{-ij}, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}, \quad (2.3)$$

S_{+j} – tai nagrinėjamo objekto privalumai. Didesnė šio dydžio reikšmė reiškia daugiau realizuotų reikalavimų nagrinėjamam objektui. Pageidaujama, kad S_{-j} dydis būtų kuo mažesnis. Tai nagrinėjamo objekto trūkumai. Kuo S_{+j} didesnis ir kuo S_{-j} mažesnis, tuo geriau atitinkami analizuojamo objekto reikalavimai.

Visais atvejais visų alternatyvių objektų S_{+j} ir S_{-j} sumos yra atitinkamai lygios visoms sąnaudų ir naudos rodiklių reikšmingumų sumoms:

$$S_{+} = \sum_{j=1}^n S_{+j} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{+ij}, S_{-} = \sum_{j=1}^n S_{-j} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n d_{-ij}, i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}. \quad (2.4)$$

Trečiajame etape skaičiuojamas santykinis lyginamų variantų reikšmingumas (efektyvumas). Tai atliekama įvertinant teigiamas ir neigiamas objekto savybes. a_j santykinis reikšmingumas Q_j kiekvienam objektui apskaičiuojamas pagal formulę:

$$Q_j = S_{+j} + \frac{S_{-min} \sum_{j=1}^n S_{-j}}{S_{-j} \sum_{j=1}^n \frac{S_{-min}}{S_{-j}}}, j = \overline{1, n}. \quad (2.5)$$

Ketvirtasis etapas skirtas objektų prioritetiškumui nustatyti. Didesnis Q_j reiškia didesnę prioritetiškumą. Pirmieji keturi etapai sudaro prielaidas įvertinti energiškai efektyvų gyvenamosios paskirties nekilnojamojį turta, žvelgiant per makro-, mezo- ir mikroprizmes, aiškiai išvelgiant fizinę šio proceso prasmę. Gautas redukuotas (apibendrintas) rodiklis Q_j proporcingai ir tiesiogiai priklauso nuo lyginamų rodiklių reikšmių x_{ij} ir reikšmingumų q_i santykinės įtakos galutiniam rezultatui (2.1 lentelė).

Penktajame etape nustatomas energiškai efektyvaus gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto naudingumo laipsnis makro-, mezo- ir mikrolygmenimis. Naudingumo laipsnis N_j apskaičiuojamas taip:

$$N_j = \frac{Q_j}{Q_{max}} \times 100\%, \quad (2.6)$$

čia Q_j ir Q_{max} – gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto reikšmingumai, apskaičiuoti pagal 2.5 formulę.

Reikalavimų pasiekimo lygį rodo energiškai efektyvaus gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto makro-, mezo- ir mikrolygmenimis a_j naudingumo laipsnis N_j . Kuo daugiau reikšmingesnių tikslų pasiekta, tuo gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto naudingumo laipsnis yra laikomas didesniu. Suinteresuotoms šalims svarbu žinoti, kiek ir kaip variantai skiriasi pagal energinio efektyvumo kriterijus. Dėl šios priežasties praktikoje priimtinesniu laikomas *naudingumo*, o ne *reikšmingumo* terminas.

Likusieji etapai skirti kiekybinėms rekomendacijoms parengti, rodikliams optimizuoti. Rodiklių optimizavimu siekiama, kad nagrinėjamo objekto konkurencingumas būtų panašus kaip ir kitų lyginamų alternatyvų. Toliau apibūdinami likę etapai (Kaklauskas, 2016).

2.1 lentelė. Energiškai efektyvaus gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto daugiakriterės analizės rezultatai makro-, mezo- ir mikrolygmenimis (remiantis Zavadskas et al., 1994; Kaklauskas, 1999)

Table 2.1. Energy efficient housing results of multi-criteria analysis in makro, mezo ir mikro levels (in reference to Zavadskas et al., 1994; Kaklauskas, 1999)

Skaitinė informacija									
Nagrinėjami rodikliai	*	Reikšmingumas	Matavimo vnt.	Lyginamosios alternatyvos					
				1	2	...	j	...	n
X_1	\check{z}_1	q_1	m_1	d_{11}	d_{12}	...	d_{1j}	...	d_{1n}
X_2	\check{z}_2	q_2	m_2	d_{21}	d_{22}	...	d_{2j}	...	d_{2n}
X_3	\check{z}_3	q_3	m_3	d_{31}	d_{32}	...	d_{3j}	...	d_{3n}
...
X_i	\check{z}_i	q_i	m_i	d_{i1}	d_{i2}	...	d_{ij}	...	d_{in}
...
X_m	\check{z}_m	q_m	m	d_{m1}	d_{m2}	...	d_{mj}	...	d_{mn}
Naudos rodiklių suma				S_{+1}	S_{+2}	...	S_{+j}	...	S_{+n}
Sąnaudų rodiklių suma				S_{-1}	S_{-2}	...	S_{-j}	...	S_{-n}
Energiškai efektyvaus gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto alternatyvos reikšmingumas (makro-, mezo- ir mikrolygmuo)				Q_1	Q_2	...	Q_j	...	Q_n
Energiškai efektyvaus gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto alternatyvos prioritetiškumas (makro-, mezo- ir mikrolygmuo)				P_1	P_2	...	P_j	...	P_n
Energiškai efektyvaus gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto naudingumo laipsnis (makro-, mezo- ir mikrolygmuo)				N_1	N_2	...	N_j	...	N_n

* Ženklas \check{z}_i (+ (-)) parodo, kad atitinkamai didesnė (mažesnė) rodiklio reikšmė labiau atitinka energiškai efektyvaus gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto makro-, mezo- ir mikrolygmens reikalavimus.

Šeštajame etape atliekamas nagrinėjamo objekto a_j investicinės vertės $x_{1j \text{ cycle } e}$ skaičiavimas. Tai atliekama priartėjimo būdu. Problema formuluojama tokiu klausimu: kokia turėtų būti nagrinėjamo objekto a_j rinkos vertė $x_{1j \text{ cycle } e}$, kad šio objekto konkurencingumas būtų panašus kaip ir kitų lyginamų alternatyvų (a_1 – a_n)? Bet kurio rodiklio reikšmės x_{ij} optimizavimo sprendimų priėmimo matrica pateikta 2.2 lentelėje.

2.2 lentelė. Bet kurio rodiklio reikšmės x_{ij} optimizavimo sprendimų priėmimo matrica (Kaklauskas, 2016)

Table 2.2. Decision making matrix for the optimization of value x_{ij} for any criterion (Kaklauskas, 2016)

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

* Ženklas \check{z}_i (+ (-)) parodo, kad atitinkamai didesnė (mažesnė) rodiklio reikšmė labiau atitinka e-nergiškai efektyvaus gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto makro-, mezo- ir mikrolygmens reikalavimus.

Kai $N_{je} > \sum_{j=1}^n N_j: n$, tai šio objekto a_j vertė $x_{1j \text{ cycle } e}$ mažinama po 1 vienetą kvadratiniam metrui ir atliekami gautos sprendimų matricos skaičiavimai iki tol, kol gaunama ši nelygybė: $N_{je} < \sum_{j=1}^n N_j: n$. Tuomet paskutinė $x_{1j \text{ cycle } e}$ reikšmė (kol dar $N_{je} > \sum_{j=1}^n N_j: n$) yra prilyginama rinkos vertei:

$$x_{1j \text{ iv}} = x_{1j \text{ cycle } e} \tag{2.7}$$

Jei $N_{je} < \sum_{j=1}^n N_j: n$, tuomet nagrinėjamo objekto a_j vertė $x_{1j \text{ cycle } e}$ didinama po 1 vienetą kvadratiniam metrui ir atliekami gautos sprendimų matricos skaičiavimai iki tol, kol gaunama ši nelygybė: $N_{je} > \sum_{j=1}^n N_j: n$. Tuomet paskutinė $x_{1j \text{ cycle } e}$ reikšmė (kol dar $N_{je} < \sum_{j=1}^n N_j: n$) prilyginama rinkos vertei (2.7 formulė).

Septintasis etapas skirtas bet kurio rodiklio reikšmei x_{ij} optimizuoti. Siekiant bet kurio rodiklio reikšmės x_{ij} optimizavimo, sprendimų priėmimo matrica pertvarkoma tokiu būdu, kad norimo optimizuoti rodiklio reikšmė $x_{ij \text{ opt}}$ būtų x_{11} , t. y. $x_{ij \text{ opt}} = x_{11}$. Tuomet, siekiant identifikuoti, kuriai alternatyvos a_1 optimizuotai reikšmei x_{11-R} esant, alternatyva a_1 būtų tokio paties konkurencingumo kaip ir kitos lyginamos alternatyvos ($a_2 - a_n$), atsižvelgiant į jų teigiamas ir neigiamas savybes pasitelkiamos 2.1–2.7 formulės.

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

$$\text{Jeigu } N_{je} > \sum_{j=1}^n N_j: n \text{ ir } X_i \text{ yra } X_{i-}, \text{ tai } x_{ij \text{ cycle } e} = x_{ij \text{ cycle } 0} \times (1 + e \times r), \tag{2.8}$$

$$e = \overline{1, r}.$$

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

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

Jeigu $N_{je} < \sum_{j=1}^n N_j$: n ir X_i yra X_{i+} , tai $x_{ij \text{ cycle } e} = x_{ij \text{ cycle } 0} \times (1 + e \times r)$, $e = \overline{1, r}$. (2.9)

čia e – ciklų skaičius; r – dydis, kuriuo cikliniu būdu didinamas nagrinėjamo projekto rodiklis, iki kol bus patenkinta nelygybė (2.10). Sprendimų priėmėjas pats parenka r ir s dydžius pagal norimą skaičiavimo tikslumą.

Tuo atveju, kai analizuojamo objekto a_x naudingumo laipsnis N_{je} viršija vidutinį lyginamų objektų naudingumo laipsnį (2.8 formulė), galima teigti, kad objekto a_j vidutinis naudingumas yra didesnis už lyginamų objektų. Siekiant nagrinėjamo objekto vienodo konkurencingumo rinkoje, lyginant su kitomis lyginamosiomis alternatyvomis ($a_2 - a_n$), būtina jo nagrinėjamo rodiklio reikšmę $x_{ij \text{ cycle } e}$ mažinti per e ciklų dydžiu r iki tol, kol bus pasiekta nelygybė:

$$\left| N_{je} - \sum_{j=1}^n N_{je} : n \right| < s, \quad (2.10)$$

čia s – tikslumas (%) turi būti pasiektas skaičiuojant rodiklio reikšmę $x_{ij \text{ cycle } e}$. Pavyzdžiui, turint omenyje, jog $s = 0,5\%$, aproksimacijos skaičius bus mažesnis, kai $s = 0,1\%$. Jeigu (2.10) nelygybė nėra patenkinama, tai reiškia, kad rodiklio reikšmės $x_{ij \text{ cycle } e}$ skaičiavimai yra nepakankamai tikslūs, todėl aproksimacijos ciklą būtina kartoti. Skaičiavimus pagal (2.7)–(2.10) formules reikia kartoti tol, kol patenkinama (2.10) nelygybė.

Patenkins 2.10 nelygybę, bet kokiai objekto rodiklio a_j optimizacinei vertei $x_{ij \text{ cycle } e}$ apskaičiuoti pasitelkiama formulė:

$$x_{ij \text{ opt value}} = x_{ij \text{ cycle } e}. \quad (2.11)$$

Aštuntajame etape skaičiuojamos kiekybinės rekomendacijos. Šios rekomendacijos i_{ij} rodiklio x_{ij} atskleidžia galimus rodiklio x_i reikšmės pagerinimus procentine išraiška, siekiant, kad rodiklis taptų lygus didžiausiai $x_{i \text{ max}}$ rodiklio X_i reikšmei (2.3 lentelė). Skaičiavimams atlikti naudojama tokia formulė:

$$i_{ij} = |x_{ij} - x_{i \text{ max}}| : x_{i \text{ max}} \times 100\%, \quad (2.12)$$

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

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

Table 2.3. Quantitative recommendations submitted in a matrix form (Kaklauskas, 2016)

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

Devintajame etape skaičiuojamos kokybinės rekomendacijos. Šios rekomendacijos r_{ij} rodiklio x_{ij} parodo galimą rodiklio x_i naudingumo laipsnio N_j pagerinimą procentine išraiška, kai $x_{ij} = x_{i \max}$. Kitaip tariant, r_{ij} parodo galimą padidinti alternatyvos a_j naudingumo laipsnį N_j procentine išraiška, jei rodiklio reikšmė x_{ij} gali būti lygi geriausiai rodiklio X_i reikšmei $x_{i \max}$. Skaičiavimams atlikti taikoma tokia formulė:

$$r_{ij} = (q_i \times x_{i \max}) : (S_{-j} + S_{+j}) \times 100 \% . \tag{2.13}$$

Rodiklio x_{ij} kiekybinės rekomendacijos i_{ij} ir kokybinės rekomendacijos r_{ij} pateiktos matricos forma 2.3 lentelėje.

Dešimtas etapas skirtas aproksimacijos e ciklo skaičiavimams atlikti. Šiame etape keliamas tikslas nustatyti, kokia turi būti rodiklio x_{ij} cycle e reikšmė, kad šis objektas (a_j) būtų geriausias pagal lyginamas alternatyvas (a_1 – a_n). Rodiklio

$x_{ij}^{cycle e}$ reikšmė mažinama dydžiu e iki tol, kol nagrinėjamo objekto (a_j) naudingumo laipsnis $N_{j e}$ pasiekia 100 %.

INVAR metodas energiškai efektyviam nekilnojamajam turtui rinkoje modeliuoti pritaikytas tokiu nuoseklumu:

- 1) svertinės normalizuotos matricos (D) apskaičiavimas;
- 2) naudingųjų savybių (S_{+j}) ir nenaudingųjų savybių (S_{-j}) apskaičiavimas;
- 3) reikšmingumo ar alternatyvių prioritetų nustatymas, remiantis teigiamais ir neigiamais alternatyvių charakteristikų aspektais;
- 4) alternatyvos laipsnio nustatymas;
- 5) kiekvienos alternatyvos naudingumo laipsnio apskaičiavimas;
- 6) nustatoma, ar alternatyvios a_j integruota vertė x_{1j} (e ciklas) gali būti atlikta naudojant e apytikslius skaičius;
- 7) x_{ij} optimizavimas, jei įmanoma, bet kuriam kriterijui su e apytiksliais skaičiais;
- 8) kiekybinės rekomendacijos i_{ij} rodikliui x_{ij} pateikimas, rodantis galimo rodiklio x_{ij} vertės pagerėjimo procentą, kad jis būtų lygus geriausiai X_i kriterijaus $x_{i \max}$ vertei tarp galimų alternatyvų;
- 9) kiekybinės rekomendacijos r_{ij} rodikliui x_{ij} apskaičiavimas, rodantis galimo alternatyvos a_j naudingumo U_j pagerėjimo procentą pateikiant $x_{ij} = x_{i \max}$;
- 10) e ciklo apytikrių skaičių nustatymas, reikalingas x_{ij} (e ciklas) vertei, siekiant pasirinkti geriausią alternatyvą a_j , geriausią iš visų galimų alternatyvų;
- 11) rezultatų palyginimas su ankstesnių tyrimų rezultatais (Kaklauskas et al., 2018a, 2018b) ir išsamių skaičiavimų, atliktų INVAR metodu, pristatymas.

2.4. Psichologinių ir demografinių požymių tikslumo vertinimas

Tradiciškai demografinis segmentavimas sugrupuoja potencialius vartotojus pagal tokius kintamuosius, kaip lytis, amžius ir išsilavinimas. Daugelis dabartinių biometrinių sistemų analogiškai renka papildomus duomenis apie lytį, amžių ir kitas biometrines charakteristikas (Jain et al., 2014; Zhang et al., 2011; Idrus et al., 2013). Šiame ir kituose panašiuose tyrimuose ypač svarbus fiziologinių (širdies ritmo ir kt.) ir demografinių (amžiaus ir lyties) žymenų tikslumas. Fiziologinių (širdies ritmo) ir demografinių (amžiaus ir lyties) žymenų reikšmės nustatytos pasitelkiant „FaceReader 7.1“, taikant papildomą nuotolinį fotopletizmografijos modulį.

Loijens ir Krips (2013) nuomone, „FaceReader“ – tai veiksminga emocijų analizės priemonė, užtikrinanti 90 proc. tikslumą. Tautybės atžvilgiu „FaceReader“ geriausiai sekasi nustatyti olandų (91 proc.), po jų – kaukazičių (88 proc.) emocijas. Prasčiausi rezultatai (86 proc.) gaunami su turkų ir marokiečių kilmės asmenų emocijomis (Lewinski et al., 2014). Lewinski et al. (2014) nustatė veido išraiškos atpažinimo tikslumą, naudodami du viešai prieinamus ir objektyvius pagrindinių žmogaus emocijų duomenų rinkinius. Jie išbandė 6.0 versiją ir patvirtino, kad „FaceReader“ Amsterdamo dinaminės veido išraiškos rinkinyje (ADFES) ir Varšuvos emocinių veido išraiškos paveikslėlių rinkinyje (WSEFEP) atpažįsta 88 proc. tikslinių žmogaus emocijų žymenų. Abiejų duomenų rinkinių FACS susitarimo indeksas vidutiniškai siekė 0,69. Tai rodo 85 proc. siekiantį atpažinimo tikslumą. Lewinski et al. (2014) taip pat atskirai apskaičiavo kiekvieno duomenų rinkinio atpažinimo tikslumą ir nustatė, kad WSEFEP buvo lygus 82 proc., o ADFES – 87 proc. Lewinski et al. (2014) nuomone, „FaceReader“ per pastarąjį dešimtmetį įrodė savo potencialą kaip patikima priemonė pagrindinių emocijų skaitymui iš veido išraiškos. Naudojant FACS kodavimą, „FaceReader“ taip pat demonstruoja aukštą patikimumą. „FaceReader 6.0“ vidutiniškai atpažįsta 88 proc. pagrindinių emocijų. Konkrečioms emocijoms naudojama 1 reikšmė. FACS tikslumui „FaceReader“ susitarimo indeksas yra lygus 0,69. Panašius „FaceReader“ pagrįstumo ir tikslumo rezultatus gavo ir kiti tyrėjai (Loijens ir Krips, 2013; Gudi ir Ivan, 2015).

Naudojant nuotolinę fotoplezografiją (RPPG) „FaceReader“ gali įvertinti tiriamo asmens širdies ritmą, kai asmuo yra priešais kamerą. Šis metodas remiasi tuo, kad slėgio impulsų sukelti kraujo tūrio pokyčiai lemia nedidelius odos atspindžio pokyčius. Prieš naudojant „FaceReader“ būtinas 10 sekundžių trukmės kalibravimas. Tik tuomet galima imti mėginį ir apdoroti odos spalvos signalą, siekiant patikimo matavimo. Sistema kalibruojama analizės pradžioje ir kiekvieną kartą po to, kai užfiksuojamas dalyvio veidas po to, kai jis kuriam laikui palieka regėjimo lauką. Kiekviename laiko etape širdies ritmas matuojamas 10 sekundžių. Tinkamai apšviestas veidas, „FaceReader“ nuotoliniu PPG moduliu gali aptikti kraujo tūrio pokyčius, kuriuos sukelia slėgio pulsas. Diagramose, fiksuojančiose dinamiką, kiekvienas širdies ciklas rodomas kaip pikas. Remiantis šia informacija, galima nustatyti širdies ritmo vidurkį ir kintamumą. Tasli et al. (2014) apibendrina šio apskaičiuoto širdies ritmo tikslumą. Tasli et al., (2014, 2017) patvirtino, kad „FaceReader“ apskaičiuotas širdies ritmas yra tikslus. Pagrindinis šio metodo trūkumas – prastas jo veikimas esant blogam apšvietimui. „FaceReader“ subalansuoja daugumą galvos judesių, tačiau, esant silpnam apšvietimui, siūlomos technikos našumas gali sumažėti (Tasli et al. 2014). Dėl minėtos priežasties tyrimui atlikti pasirinktos vietos buvo tinkamai apšviestos viso tamsiojo laikotarpio metu, tad aptarta kliūtis atliekant tyrimą buvo eliminuota.

Esama duomenų, kad „FaceReader“ geriau atpažįsta emocijas moterų veiduose. Moterų emocijų atpažįstamumo tikslumas siekia 89 proc., vyrų imtyse jis kiek žemesnis – 86 proc. (Terzis et al., 2013). Momentiniai „FaceReader“ matavimai buvo palyginti su tyrėjų įvertintomis lyčių emocijomis. Statistinė abiejų lyčių emocijų (apmaudo ir pykčio) analizė atskleidė skirtumus tarp „FaceReader“ ir tyrėjų nustatytų rezultatų. Tačiau pastebėti ir reikšmingi „FaceReader“ rezultatai tapatūmai su tyrėjų rezultatais, išanalizavus įvairias emocines būsenas, kurias demonstuoja kiekviena lytis (Terzis et al., 2013). Siekiant nustatyti, ar skirtumai tarp žmonių ir „FaceReader“ pateiktų tikslumo balų egzistuoja, buvo atliktas nepriklausomų imčių *t* testas. Tais atvejais, kai emocines būsenas atpažino žmonės, gauti žemesni tikslumo balai ($M = 0,59$, $SD = 0,23$) nei „FaceReader“ ($M = 0,90$, $SD = 0,14$). Skirtumas buvo statistiškai reikšmingas ($M = -0,31$, 95 % $CI (-0,37, -0,26)$), ($t(167,96) = 1,62$, $p < 0,0005$). Iš 100 neutralių vaizdų „FaceReader“ vidutiniškai 90 vaizdų atpažino kaip neutralius. „Facereader“ technika laikytina 31 proc. pranašesne nei žmonių atpažinimai, kurie tik 59 vaizdus atpažino kaip neutralius. Tai reiškia, kad „Facereader“ tiksliai atpažino 31 vaizdu daugiau nei žmonės (Lewinski, 2015).

Širdies ritmas priklauso nuo oro temperatūros, cirkadinio ritmo, amžiaus (iki 2 metų vaikų širdies ritmas yra lygus vidutiniškai iki 100 dūžių per minutę, 3–7 metų amžiaus vaikų – 95 dūžiai, 8–14 metų amžiaus vaikų – 80, suaugusiųjų – nuo 70 iki 75, vyresnio amžiaus asmenų – nuo 70 iki 73), fizinio aktyvumo, įvairių ligų, tam tikrų vaistų vartojimo, kūno temperatūros (karščiuojant širdies ritmas padažnėja nuo 8 iki 10 dūžių per minutę), lyties (moterų širdies ritmas yra aukštesnis nei vyrų), intensyvių emocijų (stresas, pyktis ir baimė), stimuliuojantį poveikį darančių produktų (arbata, cigaretės ir kava), išorinės aplinkos ir kitų veiksnių. Poilsio metu daugumos suaugusiųjų širdies ritmas yra nuo 60 iki 100 dūžių per minutę. Daugybė tyrimų visame pasaulyje matavo širdies ritmą natūralioje aplinkoje. Įprastai šie tyrimai nepateikia alternatyvių širdies ritmo pokyčių paaiškinimų, tačiau jie nustato labai tikslias širdies ritmo tendencijas ir koreliacijas su tam tikrais veiksniais, tokiais kaip oro temperatūra, amžius, fizinis aktyvumas, oro užterštumas, vėjas, atmosferos slėgis, įvairios ligos ir tam tikri vaistai, karščiavimas, lytis, intensyvios emocijos, susijaudinimas, energiją sukeltantys produktai, paros ritmas, išorinė aplinka ir kitais.

2.5. Antrojo skyriaus išvados

1. Neuromarketingo metodų, taikytinų energiškai efektyvaus nekilnojamojo turto rinkoje, analizė sudarė prielaidas numatyti neuromarketingo metodų taikymo eiliškumo prielaidas. Neuromarketingo principais grįsto modeliui taikyti pasirinkta tokia eiga: neurosprendimų priėmimo matricos paruošimas ir pradinių

duomenų koreliacijos analizei, atsižvelgiant į emocinę ir fiziologinę skirtingų amžiaus grupių būklę bei lytis, parengimas; INVAR (projekto naudingumo ir investicinės vertės įvertinimo laipsnio) metodo taikymas; fiziologinių ir demografinių žymenų įvertinimo tikslumo pateikimas; atvejo analizės, kuriai keliamas tikslas išanalizuoti įvairius gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto alternatyvų kriterijus, atlikimas.

2. Numatyta, kad neuromarketingo principais grįsto modelio empiriniam pritaikymui reikalingą įrangos sistemą sudaro „FaceReader 7.1“, „Noldus Information Technology ir „XeThru“. Veido vietos vaizde nustatymui tikslingas Viola ir Jones pakopinio klasifikacinio algoritmo panaudojimas.

3. Neuromarketingo principais grįsto modelio taikymas daugialypiam, energiškai efektyviam gyvenamosios paskirties nekilnojamajam turtui leis integruotai analizuoti žmonių segmentaciją pagal fiziologinius rodiklius, emocines būsenas, fiziologines būsenas, supančią aplinką.

3

Neuromarketingo taikymas energiškai efektyvaus nekilnojamojo turto projektui parinkti

Mokslinių tyrimų rezultatai (Damasio, 1994; Sandberg ir Ronnblom, 2016; Mouratidis, 2018; Schertz et al., 2018) rodo, kad žmonės norėtų gyventi ten, kur jaučiasi geriausiai – ten, kur teigiamos emocijos yra stipresnės už neigiamas. Šios atvejo analizės tikslas – nustatyti racionaliausius rinkos segmentus pagal geografinius kriterijus (keturis energiją taupančius gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objektus analizuojamose sankryžose kartu su atitinkamu oro ir triukšmo taršos lygiu jose), demografinius kriterijus (21–30 ir 31–40 metų vyrai ir moterys) bei psichologinius ir vartotojų elgesio kriterijus (laimė, liūdesys, pyktis, valentingumas ir širdies susitraukimų dažnis). Šio segmentavimo pagrindas yra Damasio sukurta somatinio žymens hipotezė (1994), taip pat daugiasensoris, energiją taupančio gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto neuromarketingo metodas. Šiam tikslui pasiekti buvo sudaryta neurosprendimų priėmimo matrica. Ši matrica susideda iš trijų kriterijų grupių:

- kriterijai, apibūrinantys energiją taupančių gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objektų projektus;
- kriterijai, apibūrinantys vietinius teršalus, įskaitant CO, NO₂, PM10, lakiuosius organinius junginius ir triukšmą;

- kriterijai, apibūdinantys potencialių pirkėjų nuasmenintas emocines ir fiziologines būsenas iš šešių vietų, įskaitant laimę, liūdesį ir pyktį, taip pat valentingumą ir širdies ritmą.

Skyriuje aprašomas neuromarketingo principais grįsto modelio praktinio priimtino tikrinimas. Modelio praktinis pritaikymas tikrintas energiškai efektyvaus nekilnojamojo turto atveju. Tai atlikta tokiu nuoseklumu: apibūdinti tiriami energiškai efektyvaus nekilnojamojo turto atvejai, išanalizuoti oro taršos ir triukšmo matavimo, potencialių pirkėjų depersonalizuotų emocinių ir psichologinių būsenų vertinimo rezultatai, potencialių pirkėjų emocinės būsenos diferencijuotos pagal demografines charakteristikas, atliktas širdies plakimo dažnių vertinimas, parengta neurosprendimų matrica.

Šio skyriaus medžiaga yra pristatyta trijuose autoriaus straipsniuose (Kaklauskas et al., 2018, 2019; Zavadskas et al., 2020).

3.1. Nagrinėjami energiškai efektyvūs gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto projektai

Tiriamose sankryžose buvo atrinkti keturi energiškai efektyvūs gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto plėtros projektai. Energiškai efektyviu gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objektu siekiama minimizuoti objekto įtaką aplinkai, skatinant dėmesį objekto gyvavimo ciklui planavimo ir plėtros procesuose, o taip pat užtikrinant gyventojų sveikatą, investicinę grąžą vystytojams ir vietos bendruomenei (Zhang, 2015). Energiją taupantis gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objektas – tai toks statinys, kurio energinis naudingumas yra didesnis už standartinių pastatų (Ionescu et al., 2015).

Analizei pasirinkti A energinės klasės pastatai su šiuolaikiškais rekuperacinėmis sistemomis, plastikiniais langais su dvigubo stiklo paketais ir selektyviniu stiklu, izoliuotu stogu ir sutvarkytu želdynu Kareivių, Kalvarijų ir Ozo gatvių sankryžoje. A klasės pastatai sunaudoja maždaug 20 kWh/m² per vieną šildymo sezoną. Šiuolaikiniai rekuperatoriai padeda pasiekti tokio tipo pastatų efektyvumą. Dėl plastikinių langų su dviejų kamerų stiklo paketais ir specialiai parinkto stiklo A klasės pastatų langų rėmai pasižymi net 30 proc. geresnėmis šiluminėmis savybėmis. Šių pastatų sienos taip pat yra storesnės, o tai prisideda prie geresnių jų šiluminių savybių, kurias kitu atveju užtikrintų jų sudėtyje esantis grafitas.

Pastatų stogai yra izoliuoti, juose yra 42 cm izoliacinių medžiagų. Gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objektuose įrengta vėdinimo įranga (rekuperacinės sistemos), kuri išlaiko dalį šilumos kartu su tiekiamu grynu oru.

Tiriamas gyvenamasis namas Žygimantų g. 12 yra A + klasės energijos naudingumo statuso pastatas su mediniais langais. Žygimantų g. 12 siūlomi nauji gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objektai senamiestyje. Dviem šio pastato korpusams suteikti tokie pavadinimai: „Upė“ ir „Bokštai“. Tai yra A+ klasės projektas, atsižvelgiant į jo energinę naudą. Šis projektas vystomas, laikantis šiuolaikinių stilistinių tradicijų, naudojant aukščiausios kokybės medžiagas, pasitelkiant naujausias statybos technologijas, tvarias medžiagas ir procesus, siekiant užtikrinti funkcionalumą ir patogumą.

Trečiasis gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objektas turi A+ klasės energijos tiekimą su geoterminiu šildymu ir išmaniaja šilumos reguliavimo sistema. Jis yra Santariškių ir Baublio gatvių sankryžoje šalia žaliosios poilsio zonos. Tiriamo A energinės klasės pastato Pamėnkalnio, Jogailos, Islandijos ir Pylimo gatvių sankryžoje fasadas yra iš stiklo ir aliuminio konstrukcijų. Pastato langų rėmai – mediniai, stogas apželdintas. Veikmės parko gyvenamąjį kompleksą sudaro šeši penkių aukštų pastatai ir vienas aštuonių aukštų pastatas. Tikimasi, kad šiame komplekse bus 250 gyvenamųjų butų, kurių kiekvieno plotas bus nuo 40 iki 105 m². Dominuos dviejų ir trijų miegamųjų gyvenamieji butai, kurių plotas bus maždaug nuo 50 iki 70 m².

„Live Square“ – tai erdvė Vilniaus centre, kuri pulsuoja gyvenimu ir novatoriškumu, alsuoja šiuolaikinių miestiečių gyvenimais ir kultūra. Ši erdvė pagyvena Gedimino prospektą ir atveria jį aktyviam gyvenimui, profesinei veiklai. Pastatų stogai apželdinti, siekiant, kad žmonės galėtų juos naudoti kaip terasas, atsiveriančias į miesto centro panoramą.

3.2. Oro taršos ir triukšmo matavimo rezultatai

Matuojant oro ir triukšmo taršą, buvo tiriami CO, NO₂, PM10, lakieji organiniai junginiai ir triukšmas šešiose Vilniaus miesto gatvių sankryžose: 1) Kareivių, Kalvarijų ir Ozo g. sankryža, 2) Žygimantų ir T. Vrublevskio g. sankryža, 3) Santariškių ir Baublio g. sankryža, 4) Šventaragio ir Pilies g. sankryža, 5) Šventaragio g. ir Gedimino pr. sankryža, 6) Pamėnkalnio, Jogailos, Islandijos ir Pylimo g. sankryža (3.1 lentelė).

3.1 lentelėje pateikti kriterijai, pagal kuriuos atliekami matavimai, jų matavimo vienetai ir leidžiamosios vertės, kaip apibrėžta reglamentuose. Potencialių pirkėjų emocijų analizė atlikta naudojant „FaceReader 7.1“ programinę įrangą.

Kietųjų dalelių matavimo rezultatų analizė rodo, kad normos neviršijamos. Gana didelė teršalų koncentracija yra sankryžose. Kietųjų dalelių tarša sankryžose siekia iki 0,08 mg/m³. NO₂ ir CO matavimai parodė, kad azoto dioksido koncentracija labai viršija aukščiausią leidžiamąją teršalų lygį sankryžose (0,07 mg/m³). CO koncentracija aplinkos ore viršija leidžiamąjį lygį gatvių sankryžose; ji siekia

7,02 mg /m³. Lakiuosius organinius junginius sudaro bet kokio tipo dujos, kurias išskiria nafta ir jos produktai. Pagal Lietuvos higienos normą HN 35:2007 (2007) didžiausia leidžiamoji koncentracija gyvenamosios aplinkos ore yra 5 mg/m³, o didžiausia teršalų koncentracija per vieną dieną – 1,5 mg/m³. Tyrimai parodė, kad šios normos gatvių sankryžose, kuriose eismas intensyvus, yra viršijamos. Išanalizavus triukšmo matavimo duomenis paaiškėjo, kad, tolstant nuo gatvių, triukšmo lygis mažėja. Eksperimentais nustatyta, kad kai triukšmas sumažėja 10 dB, žmogaus ausis tai supranta kaip dukart didesnę triukšmo sumažėjimą. Todėl, važiuojant didesniu atstumu nuo gatvių, triukšmo lygis kelis kartus sumažėja.

3.1 lentelė. Oro ir triukšmo taršos duomenys šešiose Vilniaus miesto vietose
Table 3.1. Data on the air and noise pollution measurements at the six Vilnius city locations

Matavimo vieta ir jos numeris	CO, mg/m ³	Triukšmas, dB	Kietosios dalelės, mg/m ³	Lakieji organiniai junginiai, mg/m ³	NO ₂ , mg/m ³
	Leidžiamosios reikšmės				
	10	65	0,050	5	0,200
1. Kareivių, Kalvarijų ir Ozo g. sankryža	7,02	93,2	0,076	5,23	0,071
2. Žygimantų ir T. Vrublevskio g. sankryža	5,88	90,8	0,075	5,21	0,072
3. Santariškių ir Baublio g. sankryža	5,38	88,3	0,065	4,83	0,062
4. Šventaragio ir Pilies g. sankryža	6,28	91,6	0,075	5,18	0,070
5. Šventaragio g. ir Gedimino pr. sankryža	6,32	92,0	0,071	5,27	0,069
6. Pamėnkalnio, Jogailos, Islandijos ir Pylimo gatvių sankryža	5,92	89,5	0,072	4,99	0,07

Norint nustatyti pirmiau išvardytų teršalų požymių koreliacijas, buvo apskaičiuotas Pearsono koreliacijos koeficientas (PCC) kiekvienai požymių porai, pvz., CO triukšmui, CO-NO₂ ir kt. Visos gautos požymių poros pasiskirstė intervalais (0,75; 0,95), kas rodo stiprų ryšį tarp tiriamų požymių. Tokią stiprią koreliaciją galima paaiškinti tuo, kad oro taršos šaltinis yra tas pats – kelių transporto priemonės.

3.3. Potencialių pirkėjų depersonalizuotų emocijų ir psichologinių būsenų matavimo rezultatai

Analizuojant potencialių pirkėjų emocijas šešiose Vilniaus gatvių sankryžose, buvo išmatuoti laimingų, liūdnujų ir piktųjų būsenų parametrai, taip pat potencialių pirkėjų valentingumo ir širdies ritmo parametrai. Potencialūs pirkėjai buvo suskirstyti į kategorijas pagal lytį (vyras ar moteris) ir amžiaus grupes. Amžiaus grupės buvo apibrėžtos taip: 10–20, 21–30, 31–40, 41–50 ir 51–60 metų amžiaus.

Šešiose pasirinktose vietose buvo matuojama potencialių pirkėjų laimė, liūdesys ir pyktis kartu su jų valentingumu ir širdies ritmu. Buvo surinkta apie 200 mln. duomenų vienetų apie potencialių pirkėjų emocijas ir fiziologines būsenas, valentingumą ir susijaudinimą. 3.2 lentelėje pateikti suvestiniai šių matavimų rezultatai.

Duomenys apie potencialių pirkėjų nuasmenintas emocijas ir fiziologines būsenas buvo suskirstyti pagal lytį ir amžiaus grupes (10–20, 21–30, 31–40, 41–50 ir 51–60 metų amžiaus). Laimingos, liūdnos ir piktos būsenos buvo matuojamos balais nuo 0 iki 1. Aukštesnis įvertinimas reiškia stipriau išreikštą emociją. Pavyzdžiui, dominuojanti Šventaragio ir Pilies g. sankryžoje stebėtų 31–40 metų amžiaus moterų būseną buvo liūdesys (0,16). Kareivių, Kalvarijų, Ozo g. sankryžos 51–60 metų amžiaus vyrų duomenų masyvo analizė parodė, kad laimė yra vyraujanti emocija (0,22). Kita vertus, valentingumas parodo teigiamų arba neigiamų emocijų stiprumą. Valentingumo reikšmė svyruoja nuo –1 (vyrauja stipriausios įmanomos neigiamos emocijos) iki +1 (vyrauja stipriausios įmanomos teigiamos emocijos). Didžiosios dalies 31–40 metų vyrų ir moterų emocijų Šventaragio ir Pilies g. sankryžoje valentingumas buvo neigiamas (atitinkamai –0,09 ir –0,10). Taip pat buvo matuojamas širdies ritmas.

Alternatyvių, energiją taupančių gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto projektų neurosprendimų priėmimo matricos sudarymo pagrindą sudarė aptarti duomenys. A, B ir C prieduose pateiktos 24 (3×4×2=24) alternatyvos, sudarytos išskiriant tris galimų pirkėjų grupes (vyrai, moterys ir šeimos) iš dviejų amžiaus grupių (21–30 ir 31–40 metų) ir keturių gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto projektų (A1–A4). Naudoti B priede pateikti duomenys apie taršą. Emociniai ir fiziologiniai trijų potencialių pirkėjų grupių amžiaus rodiklių

duomenys paimti iš 3.2 lentelės. Nekilnojamojo turto agentūra pateikė duomenis apie keturis energiją taupančius gyvenamųjų namų projektus.

3.2 lentelė. Žmonių emocijų matavimo rezultatai
Table 3.2. Human emotion measurements

Matavimo vietos numeris	Lytis	Amžiaus grupės				
		10–20	21–30	31–40	41–50	51–60
Tyrimo imties dydis						
	Moterys	16060	194586	121044	17521	1720
	Vyrai	5131	73926	109843	33137	6905
Laimingi						
1	Moterys	0,15	0,13	0,11	0,13	0,16
	Vyrai	0,17	0,26	0,12	0,13	0,22
2	Moterys	0,14	0,14	0,14	0,06	0,08
	Vyrai	0,09	0,25	0,16	0,10	0,07
3	Moterys	0,14	0,15	0,11	0,25	0,11
	Vyrai	0,06	0,16	0,15	0,22	0,15
4	Moterys	0,13	0,13	0,12	0,10	0,12
	Vyrai	0,14	0,14	0,12	0,10	0,09
5	Moterys	0,13	0,12	0,12	0,08	0,09
	Vyrai	0,10	0,13	0,11	0,08	0,06
6	Moterys	0,14	0,12	0,11	0,08	0,07
	Vyrai	0,16	0,15	0,10	0,09	0,07
Širdies darbas						
1	Moterys	76,83	81,29	82,83	83,00	83,16
	Vyrai	65,40	83,33	81,03	76,00	90,00
2	Moterys	80,43	80,23	81,03	76,00	90,00
	Vyrai	66,27	80,86	85,96	77,78	77,57
3	Moterys	75,71	78,00	78,98	83,80	89,96
	Vyrai	59,83	85,83	78,45	78,38	83,96
4	Moterys	79,07	78,78	75,92	77,15	69,54
	Vyrai	76,54	76,93	80,39	74,87	70,82
5	Moterys	81,79	75,00	80,67	87,74	97,93
	Vyrai	56,00	83,91	72,11	78,14	84,31
6	Moterys	69,63	72,35	76,23	86,52	82,00
	Vyrai	63,67	70,95	72,76	82,11	83,60

3.4. Keturių energiškai efektyvių gyvenamųjų namų projektų daugiakriterė neuroanalizė

Šios atvejo analizės tikslas buvo nustatyti racionaliausius rinkos segmentus. Klasifikuojama pagal geografinius kriterijus, demografinius kriterijus (21–30 ir 31–40 metų vyrai ir moterys) ir psichologinius bei vartotojų elgsenos kriterijus (laimė, liūdesys ir pyktis, taip pat valentingumas ir širdies ritmas). Šio segmentavimo pagrindas yra Damasio (1994) sudaryta somatinio žymens hipotezė ir daugiasensoris neuromarketingo metodas energiją taupančiam gyvenamosios paskirties nekilnojamam turtui. Šie segmentavimo kriterijai tapo neurosprendimų matricos parengimo pagrindu. Kriterijų svoriams nustatyti pasitelktas ekspertinio vertinimo metodas. Daugiakriterio vertinimo rezultatai pateikti 3.3 lentelėje.

Tyrimo rezultatai rodo, kad trečioji vieta turi didžiausią paklausą tarp 21–30 metų amžiaus vyrų ($N_5 = 100\%$). Trečioji vieta taip pat užėmė antrąją poziciją pagal didžiausią paklausą tarp 21–30 metų amžiaus moterų ($N_{13} = 96,83\%$). Trečioji vieta taip pat pasižymėjo didžiausiu poreikiu, išanalizavus šeimas (trečia vieta) 31–40 metų amžiaus grupėje ($N_{22} = 96,32\%$).

Daugiakriterės analizės rezultatai dera su Morrison, Beer (2017) atliktų tyrimų rezultatais. Atvirkštinė U forma rodo ryšį tarp aplinkos supratimo ir amžiaus. Toks rezultatas paaiškinamas tuo, kad, didėjant amžiui, didėja informuotumas. Toks sąmoningumas didėja nuo ankstyvojo iki vėlyvojo vidutinio amžiaus ir pasikui mažėja tarp vyriausio amžiaus asmenų. Didžiausią tikimybę suprasti įsigytų gaminių poveikį aplinkai turi vidutinio amžiaus vartotojai, kurie labiausiai įvertina pirkimo padarinių aplinkai svarbą. Be to, šie žmonės labiausiai palaiko ekologinį ženklumą ir privalomą anglies pėdsakų ženklumą (Morrison ir Beer, 2017). Grupės, kurios sutiktų mokėti daugiau už ekologiškus gaminius, sudaro 22–35 metų amžiaus Y kartos (61 proc.) ir 36–54 metų X kartos tyrimo dalyviai (55 proc.) (Buckle, 2019). Iš šių grupių 51 proc. Y kartos ir 25 proc. X kartos atstovų yra linkę mokėti daugiau už tvarius produktus (Grow, 2016). 3.3 lentelėje pateikti duomenys rodo, kad tiriamų energiją taupančių gyvenamųjų namų projektų naudingumo laipsnis ir prioritetų lygis yra didesnis 21–30 metų amžiaus potencialių pirkėjų grupėje (kurie 7 iš 12 projektų įvertino kaip geriausius) pagal savo prioritetus ir įvertino jų vidutinį naudingumo laipsnį 82,29 proc.). Šie duomenys buvo palyginti su 31–40 metų amžiaus grupės duomenimis, kurie 5 iš 12 projektų įvertino kaip geriausius pagal savo prioritetus ir suteikė vidutinį naudingumo laipsnį – 76,67 proc.

3.3 lentelė. 24 Vilniaus miesto rinkos segmentų daugiakriteriai energiją taupančių gyvenamųjų namų projektų vertinimų rezultatai

Table 3.3. Multicriteria evaluation results of the 24 Vilnius City market segments for energy efficient residential projects

Lytis	Gyvenamųjų namų projektai	Amžiaus grupės	Alternatyvos	Alternatyvos reikšmingumas	Alternatyvos prioritetas	Alternatyvos naudingumo laipsnis, %
Vyrų	A_1	21–30	a_1	0,1852	6	76,77
		31–40	a_2	0,1412	17	58,53
	A_2	21–30	a_3	0,1628	11	67,47
		31–40	a_4	0,1369	18	56,73
	A_3	21–30	a_5	0,2413	1	100,00
		31–40	a_6	0,2080	5	86,19
	A_4	21–30	a_7	0,1357	19	56,23
		31–40	a_8	0,1337	22	55,41
Moterys	A_1	21–30	a_9	0,1669	10	69,17
		31–40	a_{10}	0,1670	9	69,23
	A_2	21–30	a_{11}	0,1500	13	62,15
		31–40	a_{12}	0,1505	12	62,36
	A_3	21–30	a_{13}	0,2336	2	96,83
		31–40	a_{14}	0,1431	16	59,30
	A_4	21–30	a_{15}	0,1296	24	53,70
		31–40	a_{16}	0,1350	20	55,94
Šeimos	A_1	21–30	a_{17}	0,1681	7	69,66
		31–40	a_{18}	0,1671	8	69,27
	A_2	21–30	a_{19}	0,1488	15	61,68
		31–40	a_{20}	0,1495	14	61,95
	A_3	21–30	a_{21}	0,2319	4	96,13
		31–40	a_{22}	0,2324	3	96,32
	A_4	21–30	a_{23}	0,1324	23	54,87
		31–40	a_{24}	0,1343	21	55,67

Tyrimė INVAR buvo pritaikytas kaip naujas daugelio sprendimų veiksmų analizės metodas, padedantis įvertinti projekto naudingumo laipsnį ir investicinę vertę bei sudarantis prielaidas formuluoti pagrįstas rekomendacijas (Kaklauskas,

2016). Šis pavyzdys parodo $x_{24 \text{ ciklo } e}$ vertę, kuri gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto projektą „Live Square“ (a_{24}) paverčia konkurencingu 31–40 metų amžiaus šeimoms pirmoje, antroje ir trečioje vietose (a_{18} , a_{20} , a_{22}), kai atsižvelgiama į visas teigiamas ir neigiamas savybes. INVAR metodas sudaro prielaidas optimizuoti bet kurį kriterijų ar jo elementus. Optimizuotas ketvirtosios vietos įvertinimas (3.4 lentelė).

3.4 lentelė. Integruota hedonistinė-utilitarinė reikšmė $x_{24 \text{ ciklo } e}$, dėl kurios gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto projektas „Live Square“ (a_{24}) taptų toks pat konkurencingas 31–40 metų amžiaus šeimoms kaip ir kitos alternatyvos (a_{18} , a_{20} , a_{22})

Table 3.4. The integrated hedonic-utilitarian value $x_{24 \text{ cycle } e}$ that would make the dwelling project “Live square” (a_{24}) as competitive for families in the age group 31–40 as the other alternatives (a_{18} , a_{20} , a_{22})

Pakartojimas	$x_{24 \text{ ciklo } e}$	a_{24}	a_{18}	a_{20}	a_{22}	$(U_{24e} + U_{18e} + U_{20e} + U_{22e}): 4$	Tikslumas
0	2950	55,67	69,27	61,95	96,32	70,8	$ -15,13 \% > 3,26 \%$
...
1050	1900	62,75	69,28	61,85	96,41	72,57	$ -9,82 \% > 3,26 \%$
...
1650	1300	68,24	69,29	61,81	96,47	73,95	$ -5,71 \% > 3,26 \%$
...
1850	1100	70,38	69,27	61,78	96,49	74,48	$ -4,10 \% > 3,26 \%$
...
1950	1000	71,51	69,27	61,79	96,50	74,77	$ -3,26 \% > 3,26 \%$

Tikslumas parodo, ar a_{24} parinkties pakeista $x_{24 \text{ ciklo } e}$ vertė yra pakankamai tiksli. Pilka spalva pažymėti duomenys naudojami skaičiavimams ir rezultatams paaiškinti.

3.4 lentelė rodo, kad iki 1850 ciklo nelygė nėra patenkinama. Kiekviename cikle balas x_{24} sumažinamas (nuo $x_{24 \text{ ciklo } 0} = 2950$) vienu vienetu, kol nelygė bus patenkinta ($x_{24 \text{ ciklas } 1950} = 1000$). Tuomet $x_{24 \text{ ciklo } e}$ balai (atitinkamai 2950, ... ir

1000) dedami į paryškintą sprendimo matricos langelį, kad būtų patikrintas jų tikslumas, susijęs su a_4 . Šie skaičiavimai rodo, kad 31–40 metų amžiaus šeimoms integruota hedonistinė-utilitarinė gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto projekto „Live Square“ vertė turi būti 2,95 karto mažesnė, kad šiam gyvenamosios paskirties nekilnojamam turtui būtų teikiama pirmenybė, palyginti su kitomis galimybėmis, kai atsižvelgiama į visas teigiamas ir neigiamas savybes. Šis metodas išgrynina kiekybiniais parametrais grįstas rekomendacijas gerinti tam tikrus balus, siekiant, kad vartotojai galėtų sužinoti, kaip kitokie balai paveiktų jų emocijas, energijos efektyvumą ir kaupiamąjį taršos lygį. Tai pateikta matricoje (3.5 lentelė).

Keturi tirti gyvenamųjų namų projektai yra Linkmenų ežero gyvenamasis kompleksas Kareivių, Kalvarių ir Ozo g. sankryžoje (A1); nauji Žygimantų gyvenamieji pastatai senamiestyje ties Žygimantų ir T. Vrublevskio g. sankryža (A2); Veikmės parko pastatas ties Santariškių ir Baublio g. sankryža (A3); „Live Square“ erdvė prie Pamėnkalnio, Jogailos, Islandijos ir Pylimo g. sankryžos (A4). INVAR metodas sudarė prielaidas optimizuoti bet kurio pasirinkto rodiklio vertę. Antrosios vietos vertės apskaičiuojamos, siekiant nustatyti išmaniosios šildymo sistemos valdymo lygį, kuris padarytų šią vietą patrauklią 21–30 metų moterims (a_{11}) ir tos pačios amžiaus grupės vyrams (a_3). Vertinant pagal kelis kriterijus, ši alternatyva užima vienuoliktą vietą tarp 21–30 metų vyrų. Kai išmanioji šildymo valdymo sistema pasiekia 0,5 balo, 21–30 metų moterims antrosios vietos naudingumo laipsnis tampa artimas antrosios vietos naudingumo laipsniui 21–30 metų vyrų grupėje (skirtumas – tik 2,4 proc. punkto). Kaip rodo 3.6 lentelės duomenys, po 50 apytikslų ciklų nelygė dar nėra patenkinta ($x_{12\ 11\ ciklas\ 50} = 0,5 \mid -2,4\ \% \mid > 0,18\ \%$). Tačiau po 90 apytikslų ciklų hipotetinio išmaniojo šildymo valdymo balas tarp moterų (a_{11}) padidėja iki 0,9, o antrosios vietos naudingumo laipsnis moterims tampa lygus vyrų (a_3), kai $x_{12\ 11\ ciklas\ 90} = 0,9 \mid -0,18\ \% \mid = 0,18\ \%$.

INVAR metodas taip pat gali apibrėžti hipotetinių indikatorių svorius. Norima išsiaiškinti, koks hipotetinis geoterminio šildymo balas leistų 21–30 metų moterims patekti į septintąją vietą tarp septynių lyginamų alternatyvų.

Tikslinga toliau didinti $X_{13\ 9}$ vertę, kol pirmoji vieta taps viena iš septynių geriausių alternatyvų tarp 21–30 metų moterų. 3.6 lentelė rodo susijusius skaičiavimus. 3.1 lentelėje, A ir B prieduose parodyta, kad 21–30 metų moterys (a_9) pirmąją vietą (kai geoterminio šildymo balas (X_{13}) lygus 0 ($x_{13\ 11\ (ciklas\ 0)} = 0$), o naudingumo laipsnis $N_9\ (ciklas\ 0) = 69,17$ proc.) įvertino kaip dešimtą tarp alternatyvų. Po 100 apytikslų ciklų pirmoji vieta pagerėjo dviem padėtimis ir tarp 21–30 metų amžiaus moterų ji atsидūrė aštuntoje vietoje. Jos geoterminio šildymo balas lygus 0,1 ($x_{13\ 9\ (ciklas\ 100)} = 0,1$), o naudingumo laipsnis $N_9\ (ciklas\ 100) = 69,64$ proc. Kadangi tikslas dar nepasiektas, būtina nuolat didinti $X_{13\ 9}$. Skaičiavimai rodo, kad po 130 ciklų, kai pirmosios vietos geoterminio šildymo rodiklis yra $x_{13\ 9\ (ciklas\ 130)} = 0,13$, o $N_9\ (ciklas\ 130) = 69,8$ proc., tapo septintąja geriausia alternatyva tarp 21–30 metų moterų (3.7 lentelė).

3.5 lentelė. Kiekybinių rekomendacijų pagerinti gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto patrauklumą šešiose Vilniaus vietose pavyzdys

Table 3.5. A sample of digital recommendations on ways to improve the attractiveness of housing at the four sites in Vilnius

Alternatyvas apibūdinantis kriterijai	*	Mata-vimo vnt.	Svoris	1. Kareivių, Kalvarių ir Ozo g. sankryža. Vyrat. Amžiaus grupė – nuo 21 iki 30	1. Kareivių, Kalvarių ir Ozo g. sankryža. Vyrat. Amžiaus grupė – nuo 31 iki 40	2. Žygmantų ir T. Vrublevskio g. sankryža. Vyrat. Amžiaus grupė – nuo 21 iki 30	2. Žygmantų ir T. Vrublevskio g. sankryža. Vyrat. Amžiaus grupė – nuo 31 iki 40	3. Santariškių ir Baulbio g. sankryža. Vyrat. Amžiaus grupė – nuo 21 iki 30	3. Santariškių ir Baulbio g. sankryža. Vyrat. Amžiaus grupė – nuo 31 iki 40	6. Pamėnkainio, Jogailos, Islandijos ir Pyhlmo gatvių sankryža. Vyrat. Amžiaus grupė – nuo 21 iki 30
Terminės langų sąvybės	–	Balai	0,1082	1 (15 %) (0,4068 %)	1 (15 %) (0,4068 %)	0,85 (0 %) (0 %)	0,85 (0 %) (0 %)	0,85 (0 %) (0 %)	0,85 (0 %) (0 %)	1 (15 %) (0,4068 %)
Terminės sienų medžiagos	+	Balai	0,1082	2 (0 %) (0 %)	2 (0 %) (0 %)	2 (0 %) (0 %)	2 (0 %) (0 %)	2 (0 %) (0 %)	2 (0 %) (0 %)	2 (0 %) (0 %)
Rekuperacinė ventiliacijos sistema	+	Balai	0,0300	2 (0 %) (0 %)	2 (0 %) (0 %)	2 (0 %) (0 %)	2 (0 %) (0 %)	2 (0 %) (0 %)	2 (0 %) (0 %)	2 (0 %) (0 %)
Rekuperatoriaus tipas	+	Balai	0,0300	1 (100 %) (0,752 %)	1 (100 %) (0,752 %)	2 (0 %) (0 %)	2 (0 %) (0 %)	2 (0 %) (0 %)	2 (0 %) (0 %)	2 (0 %) (0 %)
Rekuperatoriaus efektyvumas	+	Balai	0,0300	65 (23,05 %) (0,1735 %)	65 (23,05 %) (0,1735 %)	80 (0 %) (0 %)	80 (0 %) (0 %)	80 (0 %) (0 %)	80 (0 %) (0 %)	65 (23,08 %) (0,1735 %)

* – ir + ženklai rodo, kad didėjanti (mažėjanti) kriterijaus vertė yra susijusi su didesniu (mažesniu) reikšmingumu klientui.

3.6 lentelė. Indikatorių optimizacija**Table 3.6.** Indicator optimization

Pakartojimas	Balas <i>x_{12 11 ciklo e}</i>	Žygimantų ir T. Vrublevskio g. sankryža. Moterys. Amžiaus grupė – nuo 21 iki 30	Žygimantų ir T. Vrublevskio g. sankryža. Moterys. Amžiaus grupė – nuo 31 iki 40	Nelygybė
0	0	62,15	67,47	$ -5,32 $ $> 0,18 \%$
...
50	0,5	65,47	67,87	$ -2,4 $ $> 0,18 \%$
...
90	0,9	67,97	68,15	$ -0,18 \%$ $= 0,18 \%$
...
100	1	68,56	68,24	$ -0,32 \%$ $> 0,18 \%$

Paryškinti duomenys naudojami skaičiavimams ir rezultatams paaiškinti.

3.7 lentelė. Hipotetinis CO, kuris pirmąją vietą padarytų septintą geriausią alternatyvą tarp 21–30 m. moterų**Table 3.7.** The hypothetical CO that would make Site 1 the 7th best alternative for females aged 21–30

Pakartojimas	Geoterminio šildymo įvertis	Kareivių, Kalvarių ir Ozo g. sankryža. Moterys. Amžiaus grupė – nuo 21 iki 30 metų	Reitingas
0	0	69,17 %	10
...
90	0,09	69,6	8
...
100	0,1	69,64	8
...
130	0,13	69,8	7

Paryškinti duomenys naudojami skaičiavimams ir rezultatams paaiškinti.

2 atvejo analizė: kriterijų, apibūdinančių potencialių pirkėjų emocijas ir fiziologines būsenas aptariamose vietose, palyginimas su pasauline praktika ir jos patvirtinimu. A, B ir C prieduose pateikti duomenys rodo nuasmenintas potencialių pirkėjų emocijas ir fiziologines būsenas pagal lytį ir abiejų amžiaus grupių

šeimas, kurios buvo nagrinėtos atliekant daugiakriterę analizę pagal keturis energiją taupančius gyvenamuosius projektus. Svarbu išanalizuoti, ar nuasmenintos potencialių pirkėjų emocinės ir fiziologinės būsenos sutampa su kitų mokslininkų atliktais tyrimais, parodžiusiais, kad žmogaus emocinė būseną priklauso nuo amžiaus. Šis atvejo tyrimas parodė koreliacines priklausomybes tarp laimės ir širdies susitraukimų dažnio ir ryšį tarp laimės ir liūdesio, kurias nustatė ir kiti mokslininkai skirtingose amžiaus grupėse (3.8 lentelė).

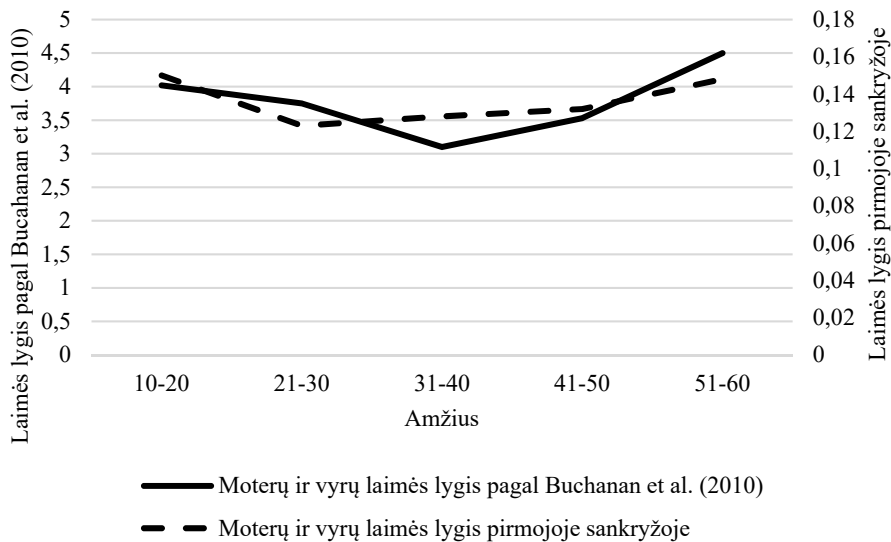
3.8 lentelė. Koreliacijos tarp empiriniame tyrime surinktų duomenų apie laimę ir širdies darbą bei kitų autorių gauti duomenys atskirose amžiaus grupėse

Table 3.8. Correlations between the data on happiness and heart rate obtained in empirical research, and those between happiness and sadness obtained by others, according to various age groups

Koreliacijos	Empirinio tyrimo rezultatai			Kitų mokslininkų tyrimų rezultatai		
	Motery ir vyrų laimės lygis, nustatytas pirmojoje sankryžoje	Motery širdies ritmas, nustatytas šeštojoje sankryžoje	Vyrų širdies ritmas, nustatytas šeštojoje sankryžoje	Buchanan et al. (2010) nustatytas vyrų ir motery laimės lygis	Newport, Pelham (2009) nustatytas motery susirūpinimo lygis	Newport, Pelham (2009) nustatytas vyrų susirūpinimo lygis
Motery ir vyrų laimės lygis, nustatytas pirmojoje sankryžoje	-	0,03	0,19	0,84	-0,48	-0,55
Motery širdies ritmas, nustatytas šeštojoje sankryžoje		-	0,94	-0,10	0,73	0,72
Vyrų širdies ritmas, nustatytas šeštojoje sankryžoje			-	-0,07	0,72	0,69
Buchanan et al. (2010) nustatytas vyrų ir motery laimės lygis				-	-0,74	-0,75
Newport, Pelham (2009) nustatytas motery susirūpinimo lygis					-	0,99
Newport, Pelham (2009) nustatytas vyrų susirūpinimo lygis						-

3.8 lentelėje pateikti koreliacijos rezultatai dera su kitų mokslininkų atliktų tyrimų rezultatais (Khalifa et al., 2008; Kreibig 2010; Li et al., 2017; Yang et al., 2017). An et al. (2018), Chen et al. (2018), Kamila et al. (2019) atliktų tyrimų rezultatai rodo, kad liūdesys silpnėja stiprėjant laimės būsenai. Stiprėjant liūdesiui, padažnėja ir širdies ritmas (An et al., 2018). Priklausomybė tarp laimės ir širdies ritmo gali būti dualistinio pobūdžio. Kai kurie tyrimai rodo, kad širdies susitraukimų dažnis didėja stiprėjant laimei (Li et al., 2017; Yang et al., 2017). Kiti tyrimai rodo, kad širdies ritmas mažėja stiprėjant laimei (Kreibig, 2010).

Koreliacija tarp laimės vyrų ir moterų imtyse pirmoje sankryžoje ir koreliacija, kurią apskaičiavo Buchanan et al. (2010) yra lygi 0,83659666 (3.1 pav.).



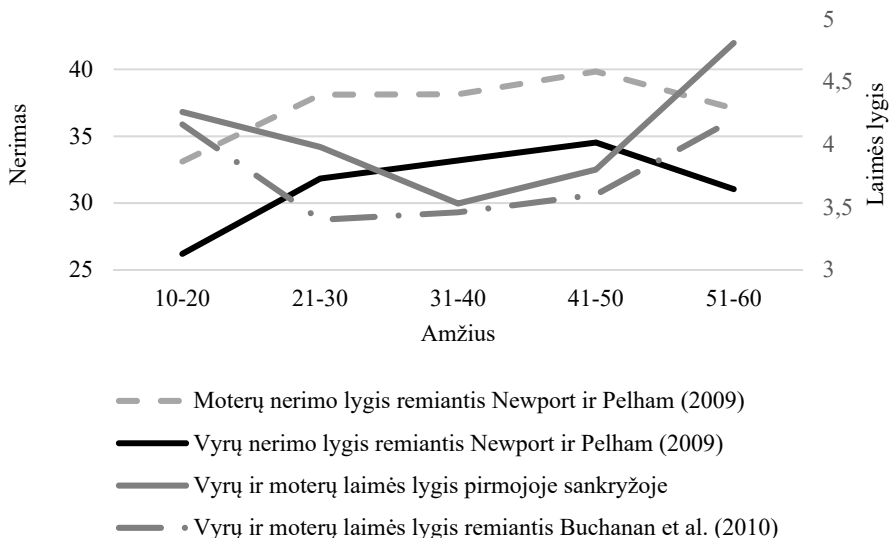
3.1 pav. Moterų ir vyrų laimės lygis pirmojoje sankryžoje ir pagal Buchanan et al. (2010)

Fig. 3.1. Happiness level of women and men at intersection 1 and by Buchanan et al. (2010)

Daugybė tyrimų visame pasaulyje (Gerdtham ir Johannesson 2001; Clark, 2003; Ferrer-i-Carbonell ir Gowdy, 2007; Branchflower ir Oswald, 2008; Steptoe et al., 2015; Stone et al., 2018) rodo, kad tarp amžiaus ir laimės egzistuoja U formos ryšys, reiškiantis, kad stipriausią laimę patiria jaunesnio ir vyresnio amžiaus grupių atstovai. 3.2 paveiksle pateikti tyrimų rezultatai patvirtina tokią tendenciją. Steptoe et al. (2015), išanalizavę pasitenkinimą gyvenimu, pastebėjo, kad amžiaus tendencijos kreivės forma nėra visais atžvilgiais aiški, tačiau bent jau turtingose anglakalbėse šalyse vyrauja U formos kreivė, o pasitenkinimas pasiekia žemiausią

tašką nuo ketvirtojo dešimtmečio pabaigos iki penktojo dešimtmečio vidurio (Stone et al., 2018). Šių kreivių forma paprastai primena U raidės formas, kai santykiniai laimės laikotarpiai, kuriuos patiria jaunesni ir vyresni žmonės, kreivę nukreipia aukštyn, o ne toks laimingas laikotarpis, kai žmonės sulaukia vidutinio amžiaus, kreivę nukreipia žemyn. Kitas išsiskiriantis pastebėjimas yra tas, kad žmonės daugiau ar mažiau pasiekia U formos kreivės dugną penktojo dešimtmečio pradžioje, o jų laimės lygis tuo metu būna kur kas mažesnis už jaunystės lygį. Šis skirtumas yra panašus į sumažėjusią gerovę, kai tenka išgyventi skyrybas arba darbo praradimą. Šešiasdešimties metų sulaukusių ir vyresnių žmonių gerovės jausmas paprastai yra stipresnis nei jaunesnių žmonių. Išsivysčiusiose šalyse U formos modelis yra įprastas laimės tyrimų rezultatas. Didžiausias pasitenkinimas užfiksuotas kiekviename kreivės gale (Larson, 2020). U formos laimės lygiai reiškia, kad jauni žmonės yra ypač laimingi (Blanchflower, 2010). Gana et al. (2013) mini „gerovės paradoksą“, kai vyresnio amžiaus žmonės geriau vertina savo gyvenimą nei jaunesnių žmonių, demonstruodami didžiausią kontrastą, lyginant su vidutinio amžiaus žmonėmis.

Vyrų ir moterų (tiek matuojant pirmojoje sankryžoje, tiek pagal Buchanan et al. (2010)) laimės lygiai yra U formos (3.2 pav.). Pirmosios sankryžos laimės matavimai buvo padauginti iš 30, kad būtų suvienodintos skalės.



3.2 pav. Vyrų ir moterų laimės lygiai, matuoti pirmojoje sankryžoje ir Buchanan et al. (2010), Newport ir Pelham (2009) nustatytas vyrų ir moterų nerimas

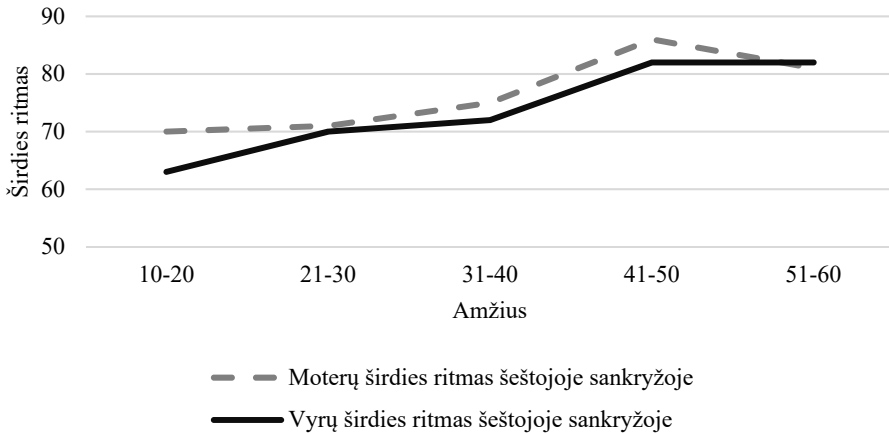
Fig. 3.2. Happiness levels among males and females measured at Intersection 1 and by Buchanan et al., (2010). Worry levels among males and females by Newport and Pelham (2009)

Buchanan et al. (2010) naudojo laimės lygį nuo 3 iki 5, o atlikto empirinio tyrimo laimės lygio intervalas pirmojoje sankryžoje buvo nuo 0 iki 1. Newporto ir Pelham (2009) nustatyti vyrų ir moterų nerimo lygiai yra atvirkštinės U formos. Šiame tyrime gauti liūdesio analizės rezultatai sutampa su kitų mokslininkų gautais rezultatais (Stone et al., 2010; Graham ir Pozuelo, 2017).

Liūdesio ir nerimo atveju U forma yra atvirkštinė. Toks ryšys yra tendencingas. Tik sulaukus pilnametystės liūdesio lygis būna žemas. Sulaukus vidutinio amžiaus, jis pasiekia didžiausią reikšmę. Vėliau liūdesio lygis pradeda mažėti ir toliau ši tendencija išlaikoma vėlesniame gyvenimo etape (Stone et al., 2010; Graham ir Pozuelo 2017). Stone et al. (2010) pažymi, kad liūdesio ir nerimo pokyčiai kintant amžiui yra visiškai priešingi džiaugsmo ir laimės pokyčiams. Teigiamas poveikis, netikėtumas, ramumas ir linksmumas patvirtina U formos modelį; neigiamos įtakos ir liūdesio modeliai taip pat buvo U formos kreivė, išskyrus atvirkštinę (Gruhn et al., 2010). Graham ir Pozuelo (2017) taip pat pažymėjo, kad beveik visose šalyse patiriamas streso lygis yra U formos atvirkštinė kreivė. Jų rezultatai rodo, kad streso kreivė yra atvirkštinė U forma visame pasaulyje. Kai streso lygis didėja, tam tikru momentu jis pasiekia aukščiausią tašką, o vėliau mažėja. Sensant bendras streso lygis pamažu mažėja.

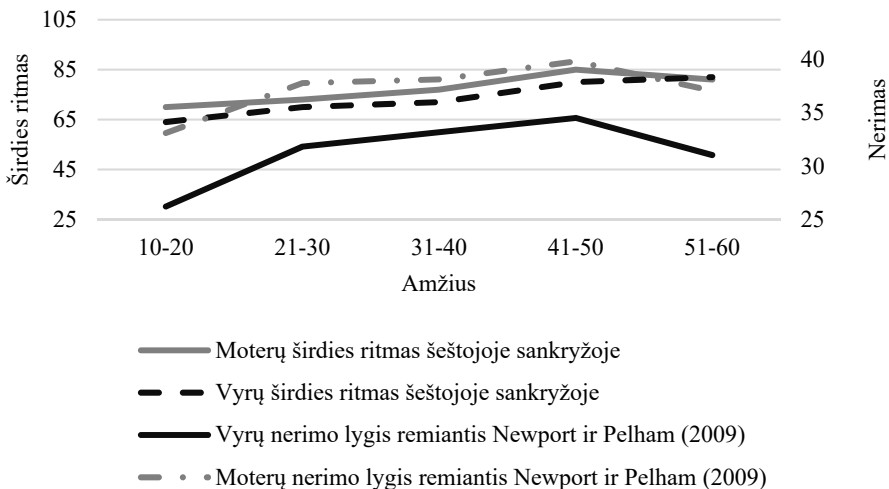
Stone et al. (2010) taip pat atkreipia dėmesį į tai, kad liūdesio ir nerimo laipsniai laikui bėgant tampa išdėstyti pagal apverstą U formos kreivę. Lyginant su vyrais, streso, nerimo ir liūdesio lygis yra kur kas didesnis moterų imtyse (visose amžiaus grupėse). 3.2 paveikslas rodo, kad moterų liūdesys yra gerokai didesnis (pavyzdžiui, lygus 39,7 41–50 metų amžiaus grupėje), palyginti su vyrais (pavyzdžiui, 34,85 41–50 metų amžiaus grupėje). Su amžiumi susijusios grupės lygio kvadratinės (apverstos U formos) trajektorijos geriausiai paaiškina kairiojo hipokampo reakciją liūdno būklės metu (Vijayakumar et al., 2019). Reikšmingos apverstos U formos tendencijos nustatytos neigiamam poveikiui ir liūdesiui, o vidutinio ir vyresnio amžiaus asmenų grupėse raiška stipresnė nei jaunų asmenų ar senjorų (Gruhn et al., 2010). Blanchflower (2009) atkreipia dėmesį į tai, kad nelaimingumo modelis yra apverstos U formos. Jauni žmonės jaučiasi mažiau nelaimingais nei vyresni žmonės. Ramus širdies susitraukimų dažnis didėja su amžiumi, o atlikto empirinio tyrimo rezultatai (3.3 pav.) patvirtina ankstesnių tyrimų rezultatus (Palmer et al., 1978; Yeragani et al., 1994; Lakatta, 2002; Hartaigh et al., 2014). 35–45 metų amžiaus asmenų grupėje didesnis širdies susitraukimų dažnis siejamas su padidėjusiu kraujospūdžiu, didesniu mirtingumu, didesniu KMI, laisvalaikio fiziniu aktyvumu, profesine klase, rūkymu ir antihipertenziniu gydymu (Hartaigh et al., 2014). Khalfa et al. (2008) pažymi, kad laimės atvejais buvo pranešta apie mažesnę širdies ritmą. Yeragani et al. (1994) nustatė, kad su amžiumi širdies ritmo variabilumo simpatovagalinės moduliacijos santykiai rodo

reikšmingą padidėjimą. Jaunų asmenų imtyje arterinis kraujo spaudimas, esant ramybės būsenos, yra žemesnis nei senjorų (Palmer, 1978). Tai reiškia, kad su amžiumi kraujo spaudimas didėja (Lakatta, 2002).



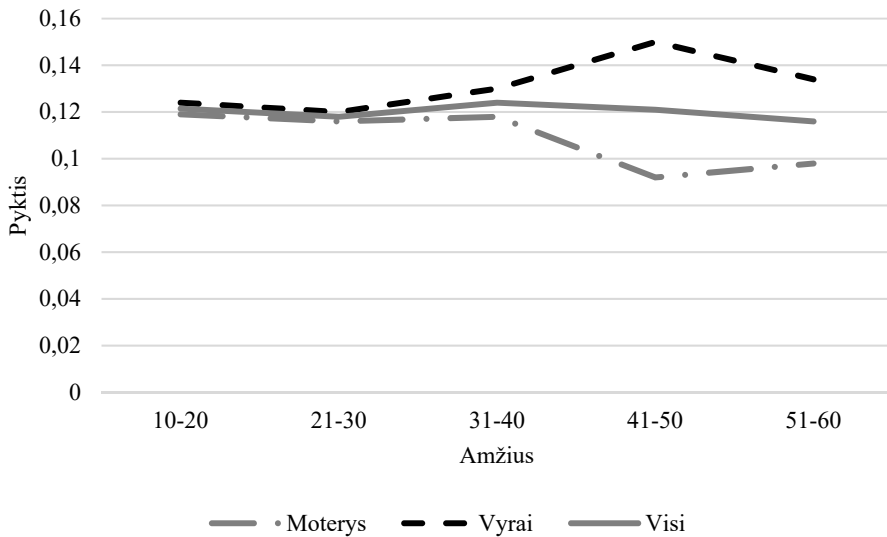
3.3 pav. Su amžiumi didėjantis širdies ritmas (empirinio tyrimo rezultatai)
Fig. 3.3. Heart rate increases with age, as shown by study conducted by the author

Skirtingi tyrimai rodo tiesioginę priklausomybę tarp širdies ritmo ir liūdesio bei nerimo (Kreibig 2010; Stoffels et al., 2017; Ribeiro et al., 2019). Atlikto empirinio tyrimo rezultatai tą patvirtina (3.4 pav.).



3.4 pav. Tiesioginė priklausomybė tarp širdies ritmo ir nerimo
Fig. 3.4. A direct dependency between heart rate and worry

Blanchflower (2010), D. Gruhn et al., (2010), C. Graham, J. R. Pozuelo (2017) atliktų tyrimų rezultatai rodo atvirkštinę U formą, kuri sudaro prielaidas išvelgti įvairių amžiaus grupių atstovų patiriamą stresą, nelaimingumą ir pyktį, ką patvirtina ir šio tyrimo rezultatai. Kaip rodo 3.5 paveikslas, 51–60 metų amžiaus grupėje pyktis yra silpnesnis. Vyrai jaučia stipresnį pyktį, ypač 41–50 metų amžiaus grupėje.



3.5 pav. Tyrimų šešiose Vilniaus miesto vietose rezultatai: vyrų, moterų ir bendras pyktis. Šie tyrimai rodo daugiau ar mažiau atvirkštinės U formos pyktį pagal amžiaus grupes

Fig. 3.5. Studies at four Vilnius sites measured anger among males, females, and overall. These studies indicate a more or less inverse U-shape for anger by age groups

Daugybė tyrimų taip pat vertino lyčių gerovės skirtumus. Jų išvados rodo, kad, kalbant apie subjektyvią gerovę, moterys įprastai demonstruoja kiek aukštesnes vertybes nei vyrai (Gerdtham ir Johannesson 2001; Frey ir Stutzer 2002). Disertacinio tyrimo rezultatai rodo, kad pykčio lygis, išmatuotas konkrečiose Vilniaus miesto vietose, patvirtina anksčiau atliktų mokslinių tyrimų rezultatus. Moterys, kurios subjektyviai savo aplinką suvokia kaip pozityvesnę, yra ne tokios piktos.

Nuasmenintų potencialių pirkėjų emocinių ir fiziologinių būsenų skirtingo amžiaus ir lyčių grupėse analizė sutampa su įvairiose pasaulio valstybėse atliktais tyrimais, parodžiusiais, kad asmens emocinė ir fiziologinė būsena yra susijusi su jo amžiumi. Tokia tyrimo rezultatų dermė patvirtina daugiakriterinei analizei nau-

dotų duomenų patikimumą. Tyrimo rezultatai sudaro prielaidas parinkti patraukliausius gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objektus priklausomai nuo asmens emocinės ir fiziologinės būsenos bei amžiaus.

3.5. Širdies ritmas ir priklausomų kintamųjų analizė

Šiame poskyryje pristatomas širdies ritmo priklausomybės nuo kintamųjų, kurie statistiškai reikšmingai koreliuoja, vertinimas. Ši analizė atlikta naudojant IBM SPSS programinę įrangą. Koreliacinės analizės rezultatai pateikti D priede.

Remiantis koreliacinės analizės rezultatais, galima teigti, kad egzistuoja statistiškai reikšminga koreliacija tarp širdies ritmo ir visų analizuotų kintamųjų, išskyrus azoto dioksido koncentraciją, kvėpavimo dažnį, valentingumą, liūdesį ir baimę. Stipriausi ryšiai buvo nustatyti tarp širdies susitraukimų dažnio ir pasibjaurėjimo ($r = 0,909, p < 0,01$), pykčio ($r = 0,886, p < 0,01$) ir $KD_{2,5}$ koncentracijos ($r = 0,835, p < 0,01$). Silpniausi ryšiai nustatyti tarp širdies ritmo ir KD_{10} dalelių koncentracijos ($r = 0,1892, p < 0,01$), ozono koncentracijos ($r = 0,222, p < 0,01$). Statistiškai reikšmingi ryšiai tarp širdies ritmo ir anglies monoksido ($r = -0,157, p < 0,05$) ir tarp širdies susitraukimų dažnio bei netikėtumo ($r = -0,346, p < 0,01$) yra neigiami. Tai reiškia, kad, širdies ritmui didėjant, anglies monoksido koncentracija mažėja; mažėja ir netikėtumo indeksas, ir atvirkščiai, mažėjant širdies ritmui, didėja anglies monoksido koncentracija, netikėtumo indeksas. Sudarytas regresinis modelis (3.1), kuris parodė širdies ritmo priklausomybę nuo kintamųjų, reikšmingais koreliaciniais ryšiais susijusių su širdies ritmu:

$$HR = \beta_0 + \beta_1 \cdot SO_2 + \beta_2 \cdot KD_{2,5} + \beta_3 \cdot KD_{10} + \beta_4 \cdot CO + \beta_5 \cdot O_3 + \beta_6 \cdot MS + \beta_7 \cdot SP + \beta_8 \cdot HP + \beta_9 \cdot AR + \beta_{10} \cdot IT. \quad (3.1)$$

Atlikus daugialypę regresijos analizę, nustatyta, kad modelis yra tinkamas, nes $p < 0,001$ (3.9 lentelė). Determinacijos koeficientas (R^2) rodo, kad analizuojamo modelio nepriklausomieji kintamieji (pvz., atmosferos užterštumo ir asmeninės psichologinės būklės rodikliai) paaiškina 85,7 proc. priklausomo kintamojo (širdies ritmo) variacijos.

Apskaičiavus tiesioginius regresijos lygties koeficientus (3.9 lentelė), galima daryti išvadą, kad nepriklausomieji kintamieji (sieros dioksido koncentracija, KD_{10} dalelių koncentracija, susijaudinimas ir susidomėjimas) daro svarią įtaką priklausomajam kintamajam (širdies susitraukimų dažniui), tuomet, kai $p < 0,05$. Reikšminga ir sieros dioksido koncentracijos ($\beta = 0,221$), $KD_{2,5}$ dalelių koncentracijos ($\beta = 0,408$), susijaudinimo ($\beta = 0,315$) ir susidomėjimo ($\beta = 0,140$) įtaka, o atmosferos teršalų ir individualių emocinių būsenų rodikliai, tokie kaip KD_{10} dalelių koncentracija, anglies monoksido koncentracija, ozono koncentracija, magnetinė audra, netikėtumas ir laimė, gali paveikti širdies ritmą. Tačiau ši įtaka nėra reikšminga.

3.9 lentelė. Širdies ritmo ir nuo jo priklausomų kintamųjų regresinės analizės rezultatai
Table 3.9. Regression analysis results for heart rate and its dependent variables

Nepriklausomi kintamieji	Priklausomas kintamasis		F	p	R ²
	Širdies dažnis				
	Beta (β)	p			
Konstanta		0,000	106,642	0,000	0,857
Sieros dioksido koncentracija	0,221	0,000			
KD _{2,5} dalelių koncentracija	0,408	0,000			
KD ₁₀ dalelių koncentracija	-0,040	0,189			
Anglies monoksido koncentracija	-0,054	0,070			
Ozono koncentracija	0,029	0,329			
Magnetinės audros	0,029	0,310			
Nuostaba	-0,022	0,492			
Laimė	0,049	0,127			
Susijaudinimas	0,315	0,000			
Susidomėjimas	0,140	0,000			

Atlikta duomenų analizė atskleidė būtinybę naudoti tokius kintamuosius, kaip emocinis požiūris, emocinės ir fiziologinės būsenos, valentingumas ir susidomėjimas neurosprendimais ir neuromarketingu.

3.6. Trečiojo skyriaus išvados

1. Pirmojo atvejo analizė apėmė racionalaus ir emocinio rinkos segmentų nustatymą pagal geografinius, demografinius, psichografinius ir vartotojo elgsenos kriterijus. Energiją taupančio gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto neuromarketingo metodo taikymas pagal minėtus kriterijus sudaro prielaidas potencialiam pirkėjui pateikti racionalų pasiūlymą (renkantis iš keturių alternatyvių gyvenamosios paskirties būstų), priklausomai nuo lyties, šeiminio statuso, amžiaus grupės.

2. Antrojo atvejo tyrimo, kurio metu potencialių gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto pirkėjų emocinių ir fiziologinių būsenų vertinimo rezultatai buvo palyginti su pasauline praktika ir tendencijomis, sudarė prielaidas nustatyti koreliacinius ryšius. Atliktos analizės rezultatai parodė, kad žmonių laimės lygis pagal amžių sudaro U formą, o liūdesys ir pyktis atsispindi atvirkštinėje U formoje. Širdies susitraukimų dažnis didėja su amžiumi.

3. Potencialių gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto pirkėjų širdies susitraukimų dažnis sietinas su emocijomis, kadangi nustatyti tiesioginiai ryšiai tarp širdies ritmo ir liūdesio, o taip pat ir kitų emocijų. Regresinės analizės rezultatai parodė, kad sieros dioksido koncentracija, KD10 dalelių koncentracija, susijaudinimas ir susidomėjimas paaiškina 85,7 proc. širdies ritmo variacijos.

4. Empiriniame tyrime nagrinėti oro ir triukšmo taršos duomenys, kurie atskleidė vietos veiksnio svarbą, renkantis gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objektą. Koncentravimasis į minėtus duomenis nereiškia, kad kiti tradiciniais laikytini vietos kriterijai, tokie kaip pasiekiamumas, prieinamumas, susisiekimo viešuoju transportu patogumas, atstumai iki žaliųjų ir viešųjų erdvių, aplinka, yra nesvarbūs, tiesiog jie į šio tyrimo kriterijų rinkinį nebuvo įtraukti, kadangi koncentruotas į daugiasensoriškumą, energetinį efektyvumą. Nekyla abejonių, kad ateityje būtų tikslingi tyrimai, įtraukiantys ir pasiekiamumo, prieinamumo, susisiekimo viešuoju transportu patogumo, atstumų iki žaliųjų ir viešųjų erdvių, aplinkos kriterijus.

Bendrosios išvados

1. Išnagrinėjus naujausius mokslinius tyrimus neuromokslų srityje, suklasifikuotos pagrindinės neuromokslų metodų grupės (momentiniai metodai, skirti elektroninių neuronų veiklos pokyčiams matuoti, metodai, skirti metabolinių neuronų veiklos pokyčiams matuoti, metodai skirti psichologinio atsako į stimulą pokyčiams matuoti). Atliktas detalus elektroencefalografijos, funkcinio magnetinio rezonanso, funkcinės pusiau infraraudonosios spektroskopijos, žvilgsnio fiksavimo ir galvaninių odos reakcijų metodų privalumų ir apribojimų identifikavimas parodė, kad konkrečių metodų parinkimą kiekvienu atveju lemia tyrimo tikslas, kontekstas, disponuojami finansiniai, žmogiškieji ir laiko ištekliai. Nustatyta, kad neuromokslų metodai statybos ir nekilnojamojo turto rinkoje gali būti taikomi priimant su atskirais marketingo komplekso elementais (produktu, kaina, paskirstymu, rėmimu) sietinus marketingo sprendimus, dirbant su skirtingo amžiaus, gyvenimo patirties, charakterio bruožų tikslinėmis auditorijomis, pageidaujančiomis gyventi ten, kur jaučiasi geriausiai.
2. Pasiūlytas neuromarketingo principais grįstas modelis statybos ir nekilnojamojo turto vertinimui pranašus galimybėmis nustatyti hedonistinę-utilitarinę vertę, pasitelkiant tiek potencialių gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto pirkėjų demografines charakteristikas, tiek pastatų ir

- juos supančios aplinkos charakteristikas. Taikant metodą ne tik išgryninamos kiekvienam segmentui priimtinausios būsto alternatyvos, bet ir surenkami duomenys, kurie ateityje galėtų tapti kryptingų rekomendacijų statybos ir nekilnojamojo turto vystytojų pagrindu. Kitas reikšmingas pasiūlyto modelio pranašumas yra sudaromos galimybės optimizuoti bet kurį pasirinktą kriterijų siekiant, kad tam tikras projektas taptų konkurencingas rinkoje. INVAR metodas leidžia nustatyti vertę, kuri konkrečiam projektui būtų geriausia, lyginant su kitais tam tikros projektų grupės projektais.
3. Racionalus ir emocinio rinkos segmentų nustatymas pagal geografinius kriterijus (šešios Vilniaus miesto sankryžos kartu su oro ir triukšmo tarša jose), demografinius kriterijus (21–30 ir 31–40 metų amžiaus vyrai ir moterys) ir psichografinius bei vartotojo elgsenos kriterijus (laimė, liūdesys, pyktis, taip pat valentingumas ir širdies ritmas), kriterijams taikant daugialypį, energiją taupančio gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto neuromarketingo metodą, sudaro prielaidas pateikti racionalius pasiūlymus kiekvienam potencialių gyvenamosios paskirties objektų pirkėjui atskirai.
 4. Atlikto empirinio tyrimo rezultatai parodė, kad potencialių gyvenamosios paskirties energiškaai efektyvių būstų pirkėjų širdies ritmą reikšmingai koreguoja tokie išorinės aplinkos veiksniai, kaip sieros dioksido koncentracija ($\beta = 0,221$), KD2,5 dalelių koncentracija ($\beta = 0,408$). Statistiškai reikšmingos įtakos turi ir potencialaus pirkėjo susijaudinimas ($\beta = 0,315$) ir susidomėjimas ($\beta = 0,140$).
 5. Numatoma, jog tvirtą teorinį ir empirinį pagrindą turintis neuromarketingo principais grįstas modelis ateityje bus panaudotas vaizdinės marketingo komunikacijos rekomendacijų sistemai sukurti (VINERS1 ir VINERS2). Tokia sistema sudarys galimybes individualizuoti vaizdo įrašų turinį, priklausomai nuo potencialių gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto pirkėjų charakteristikų.

Literatūra ir šaltiniai

Adhami, M. 2013. Using neuromarketing to discover how we really feel about apps, *International Journal of Mobile Marketing* 8 (1): 95–103.

Agarwal, S.; Dutta, T. 2015. Neuromarketing and consumer neuroscience: current understanding and the way forward, *Decision* 42(4): 457–462.

An, S.; Han, X.; Wu, B.; Shi, Z.; Marks, M.; Wang, S.; Wu, X.; Han, S. 2018. Neural activation in response to the two sides of emotion. *Neuroscience Letters* 684: 140–144.

Ansaloni, F.; Tedeschi, M. 2016. Understanding space ethically through affect and emotion: From uneasiness to fear and rage in the city. *Emotion, Space and Society* 21: 15–22.

Aplinkos apsaugos agentūra. 2018. *Oro užterštumo normos*. Prieiga per internetą: <http://oras.gamta.lt/cms/index?rubricId=260ccbe8-5401-4f3b-adb1-b4ab1b9aa2b5>

Awolusi, I.; Nnaji, C.; Marks, E.; Hallowell, M. 2019. Enhancing construction safety monitoring through the application of internet of things and wearable sensing devices: a review, *Computing in Civil Engineering 2019*. Atlanta: American Society of Civil Engineers: 530–538.

Ballas, D. 2013. What makes a ‘happy city’? *Cities* 32: 39–50.

Bastiaansen, M.; Straatman, S.; Driessen, E.; Mitas, O.; Stekelenburg, J.; Wang, L. 2018. My destination in your brain: a novel neuromarketing approach for evaluating the effectiveness of destination marketing, *Journal of Destination Marketing & Management* 7: 76–88.

Benita, F.; Bansal, G.; Tunçer, B. 2019. Public spaces and happiness: Evidence from a large-scale field experiment. *Health Place* 56: 9–18.

- Bercea, M. D. 2012. Anatomy of methodologies for measuring consumer behavior in neuromarketing research, *Proceedings of the LCBR European Marketing Conference*: 1–14.
- Blanchflower, D. G. 2009. *International evidence on well-being*. In *Measuring the Subjective Well-Being of Nations: National Accounts of Time Use and Well-Being*. Chicago: University of Chicago Press: 155–226.
- Blanchflower, D. G. 2010. The well-being of the young. *Br. J. Ind. Relat.* Prieiga per internetą: [https://www.dartmouth.edu/~blnchflr/papers/bjir %20youth %20attitudes %20draft.pdf](https://www.dartmouth.edu/~blnchflr/papers/bjir%20youth%20attitudes%20draft.pdf)
- Blanchflower, D. G.; Oswald, A. 2008. Is well-being U-shaped over the life cycle? *Social Science & Medicine* 66: 1733–1749.
- Boz, H.; Arslan, A.; Koc, E. 2017. Neuromarketing aspect of tourism pricing psychology, *Tourism Management Perspectives* 23: 119–128.
- Braeutigam, S. 2014. Organizational Neuroscience: A New Frontier for Magnetoencephalography? *Magnetoencephalography*. Berlin: Springer.
- Brennkmeijer, J.; Schneider, T.; Woolgar, S. 2020. Witness and silence in neuromarketing: managing the gap between science and its application, *Science, Technology, & Human Values* 45(1): 62–86.
- Brook, R. D. 2008. Cardiovascular effects of air pollution. *Clinical Science* 115: 175–187.
- Buchanan, T. W.; Bibas, D.; Adolphs, R. 2010. Associations between feeling and judging the emotions of happiness and fear: Findings from a large-scale field experiment. *PLoS ONE* 2010 5.
- Buckle, C. *Trends 19. The Trends to Know for 2019*. Prieiga per internetą: <https://www.globalwebindex.com/hubfs/Downloads/Trends-19-report.pdf>
- Burgos-Campero, A. A.; Vargas-Hernandez, J. G. 2013. Analytical approach to neuromarketing as a business strategy, *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 99: 517–525.
- Cariaga, I., El-Diraby, T. E. 2013. Assessing the market potential for housing construction products in Mexico, *Assessing the Market Potential for Housing Construction Products in Mexico* 139(6): 717–725.
- Chen, C.; Liu, C.; Chen, R.; Wang, W.; Li, W.; Kan, H.; Fu, C. 2018. Ambient air pollution and daily hospital admissions for mental disorders in Shanghai, China. *Science of the Total Environment* 613: 324–330.
- Clark, A. 2003. Unemployment as a social norm: Psychological evidence from panel data. *Journal of Labor Economics* 21: 324–351.
- Cootes, T. F.; Taylor, C. J. 2004. *Statistical Models of Appearance for Computer Vision; Technical Report; Wolfson Image Analysis Unit, Imaging Science and Biomedical Engineering*. Manchester: University of Manchester.
- Cosic, D. 2016. Neuromarketing in market research, *Interdisciplinary Description of Complex Systems* 14(2): 139–147.
- Costa, J. V.; Freitas, C. L.; Paiva, T. 2015. Brain imaging during advertising: a neuromarketing study of sound and pictures, *The Marketing Review* 15(4): 405–422.

Dale, E.; Nobe, M. E. C.; Clevenger, C.; Cross, J. 2012. Community-based social marketing: an application to facilities management, *International Conference on Sustainable Design, Engineering, and Construction 2012*. Fort Worth: American Society of Civil Engineers: 552 – 560.

Damasio, A. R. 1994. *Descartes' Error: Emotion, Reason, and the Human Brain*. New York: Grosset/Putnam.

Delyukov, A. A.; Didyk, L. 1999. The effects of extra-low-frequency atmospheric pressure oscillations on human mental activity. *International Journal of Biometeorology* 43: 31–37.

Dursun, M.; Goker, N. 2019. A 2-tuple integrated DEA-based approach for neuromarketing technology evaluation, *Kybernetes* 48(5): 949–966.

Ergan, S.; Radwan, A.; Zou, Z.; Tseng, H.; Han, X. 2019. Quantifying human experience in architectural spaces with integrated virtual reality and body sensor networks, *Journal of Computing in Civil Engineering*, 33(2): 1–14.

Eser, Z.; Isin, F. B.; Tolon, M. 2011. Perceptions of marketing academics, neurologists, and marketing professionals about neuromarketing, *Journal of Marketing Management* 27(7-8): 854–868.

Ferrer-i-Carbonell, A.; Gowdy, J. M. 2007. Environmental degradation and happiness. *Ecological Economics* 60: 509–516.

Fortunato, V. C. R.; Giraldi, J. M. E.; Oliveira, J. H. C. 2014. A review of studies on neuromarketing: practical results, techniques, contributions and limitations, *Journal of Management Research* 6 (2): 201–220.

Frey, B. S.; Stutzer, A. 2002. What can economists learn from happiness research? *Journal of Economic Literature* 40: 402–435.

Friesen, E.; Ekman, P. 1978. *Facial Action Coding System: A Technique for The Measurement of Facial Movement*. Palo Alto: Consulting Psychologists Press.

Fugate, D. L. 2007. Neuromarketing: a layman's look at neuroscience and its potential application to marketing practice, *Journal of Consumer Marketing* 24(7): 385–394.

Gana, K.; Bailly, N.; Saada, Y.; Joulain, M.; Alaphilippe, D. 2013. Does life satisfaction change in old age: Results from an 8-year longitudinal study. *Journal of Gerontology. Series B: Psychological Sciences and Social Sciences* 68: 540–552.

Gani, M. O.; Alam, M. Z.; Alom, M.; Faruq, M. O. 2018. Challenges and prospects of neuromarketing: Bangladesh perspective, *Marketing and Management Innovations* 2: 327–338.

Gerdtham, U.G.; Johannesson, M. 2001. The relationship between happiness, health and socio-economic factors: Results based on Swedish micro data. *Journal of Socio-Economics* 30: 553–557.

Gilchrist, P. T.; Vrinceanu, T.; Béland, S.; Bacon, S. L.; Ditto, B. 2016. Disgust stimuli reduce heart rate but do not contribute to vasovagal symptoms. *Journal of Behavioral Therapy and Experimental Psychiatry* 51: 116–122.

- Gold, D. R.; Litonjua, A.; Schwartz, J.; Lovett, E.; Larson, A.; Nearing, B.; Allen, G.; Verrier, M.; Cherry, R.; Verrier, R. 2000. Ambient pollution and heart rate variability. *Circulation* 101: 1267–1273.
- Graham, C.; Pozuelo, J. R. 2017. Happiness, stress, and age: How the U curve varies across people and places. *Journal of Population Economics* 30: 225–264.
- Grajdieru, E. 2017. Neuromarketing and its internal marketing applications, *Bulletin of the Transilvania University of Brasov* 10 (59): 17–24.
- Grigaliūnaitė, V.; Pilelienė, L. 2016. Reklamos pardavimo vietoje padėtis: neuromarketingo aspektas, *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development* 38 (4): 359–367.
- Grow. 2016. *Like Peas and Carrots: Millennials and Sustainability*. Prieiga per internetą: <https://medium.com/grow-investing/like-peas-and-carrots-millennials-and-sustainability-f04d28185a1c>
- Grühn, D.; Kotter-Grühn, D.; Röcke, C. 2010. Discrete affects across the adult lifespan: Evidence for multidimensionality and multidirectionality of affective experiences in young, middle-aged and older adults. *Journal in Research of Personality* 44: 492–500.
- Gudi, A.; Ivan, P. 2015. *Validation Action Unit Module*. Wageningen: Noldus Information Technology.
- Habibnezhad, M.; Fardhosseini, S.; Vahed, A. M.; Esmacili, B.; Dodd, M. D. 2016. The relationship between construction workers' risk perception and eye movement in hazard identification, *Construction Research Congress*. New Orleans: American Society of Civil Engineers: 2984–2994.
- Hafez, M. 2019. Neuromarketing: a new avatar in branding and advertisement, *Pacific Business Review International* 12 (4): 58–64.
- Hamelin, N.; Thaichon, P.; Abraham, C.; Driver, N.; Lipscombe, J.; Pillai, J. 2020. Storytelling, the scale of persuasion and retention: a neuromarketing approach, *Journal of Retailing and Consumer Services* 55: 1–8.
- Harris, J. M.; Ciorciari, J.; Gountas, J. 2018. Consumer neuroscience for marketing researchers, *Journal of Consumer Behaviour* 17: 239–252.
- Hartaigh, B. O.; Gill, T. M.; Shah, I.; Hughes, A. D.; Deanfield, J. E.; Kuh, D.; Hardy, R. 2014. Association between resting heart rate across the life course and all-cause mortality: Longitudinal findings from the Medical Research Council (MRC) National Survey of Health and Development (NSHD). *Journal of Epidemiology and Community Health* 68: 883–889.
- Hasanzadeh, S.; Esmacili, B.; Dodd, M. D. 2016. Measuring construction workers' real-time situation awareness using mobile eye-tracking, *Construction Research Congress 2016*. San Juan: American Society of Civil Engineers: 2894–2904.
- Hasanzadeh, S.; Esmacili, B.; Dodd, M. D. 2017. Measuring the impacts of safety knowledge on construction workers' attentional allocation and hazard detection using remote eye-tracking technology, *Journal of Management in Engineering* 33(5): 1–17.

Hasanzadeh, S.; Esmaceli, B.; Dodd, M. D. 2018. Examining the relationship between construction workers' visual attention and situation awareness under fall and tripping hazard conditions: using mobile eye tracking, *Journal of Construction Engineering and Management* 144(7): 1–18.

Hirschman, E. C.; Holbrook, M. B. 1982. Hedonic consumption: Emerging concepts, methods and propositions. *Journal of Marketing* 46: 92–101.

Holbrook, M. B.; Hirschman, E. C. 1982. The experiential aspects of consumption: Consumer fantasies, feelings and fun. *Journal of Consumer Research* 9: 132–140.

Holbrook, M.B. 2006. The consumption experience—Something new, something old, something borrowed, something sold: Part 1. *Journal of Macromarketing* 26: 259–266.

Holbrook, M.B. 2006. The consumption experience—Something new, something old, something borrowed, something sold: Part 2. *Journal of Macromarketing* 27: 86–96.

Hsu, L.; Chen, Y. J. 2020. Music and wine tasting: an experimental neuromarketing study, *British Food Journal* 122(8): 2725–2737.

Hsu, L.; Chen, Y. J. 2020. Neuromarketing, subliminal advertising, and hotel selection: an EEG study, *Australasian Marketing Journal* (priimta spaudai).

Hu, M.; Shealy, T. 2019. Application of functional near-infrared spectroscopy to measure engineering decision-making and design cognition: literature review and synthesis of methods, *Journal of Computing in Civil Engineering* 33(6): 1–18.

Hu, M.; Shealy, T.; Hollowell, M.; Hardison, D. 2018. Advancing construction hazard recognition through neuroscience: measuring cognitive response to hazards using functional near infrared spectroscopy, *Construction Research Congress 2018: Construction Information Technology*. New Orleans: American Society of Civil Engineers.

Hubert, M.; Kenning, P. 2008. A current overview of consumer neuroscience, *Journal of Consumer Behaviour* 7: 272–292.

Yang, Z.; Jia, W.; Liu, G.; Sun, M. 2017. Quantifying mental arousal levels in daily living using additional heart rate. *Biomedical Signal Processing and Control* 33: 368–378.

Idrus, S. Z. S.; Cherrier, E.; Rosenberger, C.; Bours, P. 2013. Soft biometrics database: a benchmark for keystroke dynamics biometric systems. *Proceedings of the 2013 International Conference of the BIOSIG Special Interest Group (BIOSIG)*, Darmstadt, Germany, 5–6 September 2013: 1–8.

Yeragani, V. K.; Pohl, R.; Berger, R.; Balon, R.; Srinivasan, K. 1994. Relationship between age and heart rate variability in supine and standing postures: A study of spectral analysis of heart rate. *Pediatric Cardiology* 15: 14–20.

Ingraham, C. 2017. *This Chart Predicts the Age at Which You'll be Happiest*. Prieiga per internetą: <https://www.weforum.org/agenda/2017/08/youll-probably-have-a-midlife-happiness-crisis-heres-why>

Ionescu, C.; Baracu, T.; Vlad, G. E.; Necula, H. Badea, A. 2015. The historical evolution of the energy efficient buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 49: 243–253.

Jain, A. K.; Dass, S.C.; Nandakumar, K. 2004. Soft biometric traits for personal recognition systems, *Biometric Authentication, Proceedings of the ICBA 2004*, Hong Kong, China, 15–17 July 2004.

Jebelli, H.; Hwang, S.; Lee, S 2017. An EEG signal processing framework to obtain high quality brain waves from an off-the-shelf wearable EEG device, *Journal of Computing in Civil Engineering*, 32(1): 1–38.

Jebelli, H.; Khalili, M. M.; Hwang, S.; Lee, S. 2018. A supervised learning-based construction workers' stress recognition using a wearable Electroencephalography (EEG) device, *Construction Research Congress*. New Orleans: American Society of Civil Engineers: 40–50.

Jeelani, I.; Albert, A.; Han, K.; Azevedo, R. 2018. Are visual search patterns predictive of hazard recognition performance? Empirical investigation using eye-tracking technology, *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(1): 1–39.

Kaklauskas, A. 1999. *Multiple criteria decision support of building life cycle: Research report presented for habilitation (DrSc): Technological sciences, civil engineering (02T)*. Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius: Technika, 118 p.

Kaklauskas, A. 2015. *Biometric and Intelligent Decision Making Support*. Heidelberg: Springer. '

Kaklauskas, A. 2016. Degree of project utility and investment value assessments, *International Journal of Computers, Communications & Control* 11(5): 666–683.

Kaklauskas, A.; Herrera-Viedma, E.; Echenique, V.; Zavadskas, E.K.; Ubarte, I.; Mostert, A.; Podvezko, V.; Binkyte, A.; Podviezko, A. 2018. Multiple criteria analysis of environmental sustainability and quality of life in post-Soviet states. *Ecological Indicators* 89: 781–807.

Kaklauskas, A.; Jokubauskas, D.; Čerkauskas, J.; Dzemyda, G.; Ubartė, I.; Skirmantas, D.; Podviezko, A.; Šimkutė, I. 2019. Affective analytics of demonstration sites. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 81: 346–372.

Kaklauskas, A.; Zavadskas, E. K.; Radzeviciene, A.; Ubarte, I.; Podviezko, A.; Podvezko, V.; Kuzminske, A.; Banaitis, A.; Binkyte, A.; Bucinskas, V. 2018. Quality of city life multiple criteria analysis. *Cities* 72: 82–93.

Kamila, S.; Hasanuzzaman, M.; Ekbal, A.; Bhattacharyya, P. 2019. Resolution of grammatical tense into actual time, and its application in Time Perspective study in the tweet space. *PLoS ONE* 2019 14.

Kenning, P.; Plassmann, H. 2005. NeuroEconomics: an overview from an economic perspective, *Brain Research Bulletin* 67: 343–354.

Khalfa, S.; Roy, M.; Rainville, P.; Dalla Bella, S.; Peretz, I. 2008. Role of tempo entrainment in psychophysiological differentiation of happy and sad music? *International Journal of Psychophysiology* 68: 17–26.

Kreibig, S. D. 2010. Autonomic nervous system activity in emotion: A review. *Biological Psychology* 84: 394–421.

Lakatta, E. G. 2002. Age-associated cardiovascular changes in health: Impact on cardiovascular disease in older persons. *Heart Failure Reviews* 7: 29–49.

- Larson, E. B. *Who's Happier—People in Their 40s or 80s?* Prieiga per internetą: <https://wahealth.kaiserpermanente.org/whos-happier-people-in-their-40s-or-80s/>
- LeBlanc, J.; Blais, B.; Barabe, B.; Cote, J. 2017. Effects of temperature and wind on facial temperature, heart rate, and sensation. *Journal of Applied Physiology* 40: 127–131.
- Lebowitz, S.; Kiersz, A. 2017. *Your Happiness Might Keep Dropping All the Way into Your 50s—Before A Midlife Crisis Turns It Around*. Prieiga per internetą: <https://www.businessinsider.com/midlife-crisis-controversial-study-2017-9>
- Lee, N.; Brandes, L.; Chamberlain, L.; Senior, C. 2017. This is your brain on neuromarketing: reflections on a decade of research, *Journal of Marketing Management* 33 (11–12): 878–892.
- Lee, N.; Broderick, A. J.; Chamberlain, L. 2007. What is ‘neuromarketing’? A discussion and agenda for future research, *International Journal of Psychophysiology* 63: 199–204.
- Lee, N.; Chamberlain, L.; Brandes, L. 2018. Welcome to the jungle! The neuromarketing literature through the eyes of newcomer, *European Journal of Marketing* 52(1/2): 4–38.
- Levallois, C.; Smidts, A.; Wouters, P. (2019): The emergence of neuromarketing investigated through online public communications (2002–2008), *Business History* (in press).
- Lewinski, P. 2015. Automated facial coding software outperforms people in recognizing neutral faces as neutral from standardized datasets. *Frontiers in Psychology* 6: 1386.
- Lewinski, P.; den Uyl, T.M.; Butler, C. 2014. Automated facial coding: Validation of basic emotions and FACS AUs in FaceReader. *Journal of Neuroscience, Psychology and Economics* 7: 227–236.
- Li, F.; Yang, L.; Shi, H.; Liu, C. 2017. Differences in photoplethysmography morphological features and feature time series between two opposite emotions: Happiness and sadness. *Artery Research* 18: 7–13.
- Liang, Y.; Gao, Z. 2018. Marketing strategy analysis of commercial real estate Project Park I of Kaili city, *International Conference on Construction and Real Estate Management 2018*. Charleston: American Society of Civil Engineers.
- Lietuvos Respublikos Sveikatos apsaugos ministro įsakymas dėl Lietuvos higienos normos HN 35:2007 „Didžiausia leidžiama cheminių medžiagų (teršalų) koncentracija gyvenamosios ir visuomeninės paskirties pastatų patalpų ore“ patvirtinimo. 2007. *Verslo žinios* 55-2162.
- Lietuvos Respublikos Sveikatos apsaugos ministro įsakymas dėl Lietuvos higienos normos HN 33:2011 „Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje“ patvirtinimo. 2011. *Verslo žinios* 75-3638.
- Lim, W. M. 2018. Demistifying neuromarketing, *Journal of Business Research* 91: 205–220.
- Loijens, L.; Krips, O. 2013. *Facereader Methodology*. Wageningen: Noldus Information Technology.
- Mansor, A. A.; Isa, S. M. 2018. The impact of eye tracking on neuromarketing for genuine value-added applications, *Global Business and Management Research: an International Journal* 10 (1): 1–11.

- McDowell, W. S.; Dick, S. J. 2013. The marketing of neuromarketing: brand differentiation strategies employed by prominent neuro-marketing firms to attract media clients, *Journal of Media Business Studies* 10(1): 25–40.
- Meyerding, S. G. H.; Mehlhose, C. M. 2020. Can neuromarketing add value to the traditional marketing research? An exemplary experiment with functional near-infrared spectroscopy (fNIRS), *Journal of Business Research* 107: 172–185.
- Mileti, A.; Guido, G.; Prete, M. I. 2016. Nanomarketing: a new frontier for neuromarketing, *Psychology & Marketing* 33(8): 664–674.
- Mills, N. L.; Donaldson, K.; Hadoke, P. W.; Boon, N. A.; MacNee, W.; Cassee, F. R.; Sandström, T.; Blomberg, A.; Newby, D. E. 2009. Adverse cardiovascular effects of air pollution. *Nature Clinical Practice Cardiovascular Medicine* 6: 36–44.
- Mohammadpour, A.; Karan, E.; Asadi, S.; Rothrock, L. 2015. Measuring end-user satisfaction in the design of building projects using eye-tracking technology, *Computing in Civil Engineering 2015*. Austin: American Society of Civil Engineers: 564–571.
- Morin, C. 2011. Neuromarketing: the new science of consumer behavior, *Sociology* 48: 131–135.
- Morrison, P. S.; Beer, B. 2017. Consumption and environmental awareness: Demographics of the European Experience, *Socioeconomic Environmental Policies and Evaluations in Regional Science* 24.
- Mouratidis, K. 2018. Built environment and social well-being: How does urban form affect social life and personal relationships? *Cities* 74: 7–20.
- Newport, F.; Pelham, B. *Don't Worry, Be 80: Worry and Stress Decline With Age Worry, Stress Lowest for Those in Their 80s, 90s*. Prieiga per internetą: <https://news.gallup.com/poll/124655/dont-worry-be-80-worry-stress-decline-age.aspx>
- Nilashi, M.; Samad, S.; Almadi, N.; Ahani, A.; Abumaloh, R. A.; Asadi, S.; Abdullah, R.; Ibrahim, O.; Yadegaridehkordi, E. 2020. Neuromarketing: a review of research and implications for marketing, *Journal of Soft Computing and Decision Support Systems* 7(2): 23–31.
- Oliveira, J. H. C.; Giraldo, J. M. E. 2017. What is neuromarketing? A proposal for a broader and more accurate definition, *Global Business and Management Research: an International Journal* 9(2): 19–29.
- Oliveira, J. H. C.; Giraldo, J. M. E. 2017. What is neuromarketing? A proposal for a broader and more accurate definition, *Global Business and Management Research: an International Journal* 9(2): 19–29.
- Palmer, G. J.; Ziegler, M. G.; Lake, C. R. 1978. Response of norepinephrine and blood pressure to stress increases with age. *Journal of Gerontology* 33: 482–487.
- Pilelienė, L. 2011. Neuromarketingo principai ir nauda organizacijoms: teorinis aspektas, *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development* 29 (5): 147–151.
- Pilelienė, L. 2012. Neuromarketingo principų taikymas kainodaroje: teorinis aspektas, *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development* 30 (1): 97–102.

Polar. *Your Resting Heart Rate is Telling You Something—So Listen*. Prieiga per internetą: <https://www.polar.com/blog/resting-heart-rate/>

Randler, C.; Desch, I. H.; im Kampe, V. O.; Wüst-Ackermann, P.; Wilde, M.; Prokop, P. 2017. Anxiety, disgust and negative emotions influence food intake in humans. *International Journal of Gastronomy and Food Science* 7: 11–15.

Ribeiro, F. S.; Santos, F. H.; Albuquerque, P. B.; Oliveira-Silva, P. 2019. Emotional induction through music: Measuring cardiac and electrodermal responses of emotional states and their persistence. *Frontiers in Psychology* 10: 451.

Rossetti, T.; Lobel, H.; Rocco, V.; Hurtubia, R. 2019. Explaining subjective perceptions of public spaces as a function of the built environment: A massive data approach. *Landscape and Urban Planning* 181: 169–178.

Ruževičiūtė, R. 2012. Neuromarketing: concept and insights for application in marketing communications, *International Business: Innovations, Psychology, Economics* 2(5): 35–43.

Sandberg, L.; Rönnblom, M. 2016. Planning the new city-emotional reaction and positions. *Emotion, Space and Society* 21: 50–57.

Schaufelberger, J. E. 2000. Marketing Construction Services, *Construction Congress VI: Building Together for a Better Tomorrow in an Increasingly Complex World*. Orlando: American Society of Civil Engineers.

Schertz, K. E.; Sachdeva, S.; Kardan, O.; Kotabe, H. P.; Berman, M. G. 2018. A thought in the park: The influence of naturalness and low-level visual features on expressed thoughts, *Cognition* 174: 82–93.

Schneider, T.; Woolgar, S. 2012. Technologies of ironic revelation: enacting consumers in neuromarkets, *Consumption Markets & Culture* 15(2): 169–189.

Sebastian, V. 2014. Neuromarketing and neuroethics, *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 127: 763–768.

Shealy, T.; Hu, M. 2018. Opportunities to advance engineering cognition and project level decision making by adopting emergent methods from neuroscience, *Construction Research Congress 2018: Construction Information Technology*. New Orleans: American Society of Civil Engineers.

Simkhovich, B. Z.; Kleinman, M. T.; Kloner, R. A. 2008. Air pollution and cardiovascular injury epidemiology, toxicology, and mechanisms. *Journal of the American College of Cardiology* 52: 719–726.

Stanton, S. J.; Sinnott-Armstrong, W.; Huettel, S. A. 2017. Neuromarketing: ethical implications of its use and potential misuse, *Journal of Business Ethics* 144: 799–811.

Stasi, A.; Songa, G.; Mauri, M.; Ciceri, A.; Diotallevi, F.; Nardone, G.; Russo, V. 2018. Neuromarketing empirical approaches and food choice: a systematic review. *Food Research International* 108: 650–664.

Steptoe, A.; Deaton, A.; Stone, A. A. 2015. Subjective wellbeing, health, and ageing. *Lancet* 385: 640–648.

Stoffels, M.; Nijs, M.; Spinhoven, P.; Mesbah, R.; Hagenaars, M. A. 2017. Emotion avoidance and fear bradycardia in patients with borderline personality disorder and healthy controls. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry* 57: 6–13.

Stone, A. A.; Schneider, S.; Krueger, A.; Schwartz, J. E.; Deaton, A. 2018. Experiential wellbeing data from the American time use survey: Comparisons with other methods and analytic illustrations with age and income. *Social Indicators Research* 136: 359–378.

Stone, A. A.; Schwartz, J. E.; Broderick, J. E.; Deaton, A. 2010. A snapshot of the age distribution of psychological well-being in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107: 9985–9990.

Tasli, H. E.; Gudi, A.; den Uyl, M. 2014. Remote PPG based vital sign measurement using adaptive facial regions, *Proceedings of the 2014 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, Paris, France, 27–30 October 2014: 1410–1414.

Tasli, H. E.; Gudi, A.; den Uyl, M. 2017. *A Method for Stabilizing Vital Sign Measurements Using Parametric Facial Appearance Models via Remote Sensors*. Patent EP2960862B1, 22 March 2017.

Terzis, V.; Moridis, C. N.; Economides, A.A. 2013. Measuring instant emotions based on facial expressions during computer-based assessment. *Personal and Ubiquitous Computing* 17: 43–52.

Tichy, J., Rosenlacher, P.; Maršalkova, L. 2012. Neuromarketing approach to efficient food styling, *Journal of Interdisciplinary Research* 64(78): 180–183.

Ulman, Y. I.; Cakar, T.; Yildiz, G. 2015. Ethical issues in neuromarketing: „I consume, therefore I am!”, *Science & Engineering Ethics* 21: 1271–1284.

Van Kuilenburg, H.; Wiering, M.; Den Uyl, M. 2005. A model based method for automatic facial expression recognition. *Machine Learning: ECML 2005, Proceedings of the 16th European Conference on Machine Learning*, Porto, Portugal, 3–7 October 2005.

Vartanian, O.; Navarrete, G.; Chatterjee, A.; Fich, B.; Mora, L. G.; Leder, H.; Nadal, M. M. N.; Rostrup, N.; Skov, H. 2015. Architectural design and the brain: effects of ceiling height and perceived enclosure on beauty judgments and approach-avoidance decisions, *Journal of Environmental Psychology* 41: 10–18.

Vijayakumar, N.; Pfeifer, J. H.; Flournoy, J. C.; Hernandez, L. M.; Dapretto, M. 2019. Affective reactivity during adolescence: Associations with age, puberty and testosterone. *bioRxiv* 524033.

Viola, P.; Jones, M. J. 2004. Robust real-time face detection. *International Journal of Computer Vision* 57: 137–154.

Wang, H.; Liu, J. 2013. Adverse selection problem in the market of real estate, *International Conference on Construction and Real Estate Management 2013*. Karlsruhe: American Society of Civil Engineers.

Zahasky, C.; Kurotori, T.; Pini, R.; Benson, S. M. 2019. Positron emission tomography in water resources and subsurface energy resources engineering research, *Advances in Water Resources* 127: 39–52.

Zaltman, G. 1997. Rethinking market research: putting people back in, *Journal of Marketing* 34: 424–437.

Zaltman, G. 2003. *How Consumers Think*. Cambridge: Harvard Business School.

Zaman, B.; Shrimpton-Smith, T. The Facereader: Measuring instant fun of use, *Proceedings of the 4th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Changing Roles*, Oslo, Norway, 14–18: 457–460.

Zavadskas, E. K.; Bausys, R.; Kaklauskas, A.; Raslanas, S. 2019. Hedonic shopping rent valuation by one-to-one neuromarketing and neutrosophic PROMETHEE method, *Applied Soft Computing Journal* 85: 1–14.

Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Sarka, V. 1994. The new method of multicriteria complex proportional assessment of projects, *Technological and Economic Development of Economy* 1(3): 131–139.

Zeng, L.; Qiu, Y.; Peng, Y.; Zhou, S. 2015. Research on the marketing planning and design of the Yongzhou Wuxi estate Project, *ICCREM 2015: Environment and the Sustainable Building*. Lulea: American Society of Civil Engineers.

Zhang, Z.; Hu, M.; Wang, Y. 2011. A survey of advances in biometric gait recognition. *Biometric Recognition, Proceedings of the CCBR 2011*, Beijing, China, 3–4 December 2011.

Zhang, X. 2015. Green real estate development in China: state of art and prospect agenda – a review, *Reviewable and Sustainable Energy Reviews* 47: 1–13.

Zhou, X.; Zhang, S.; Yang, S. 2015. Research on customer satisfaction in the market of pension real estate, *ICCREM 2015: Environment and the Sustainable Building*. Lulea: American Society of Civil Engineers.

Zurawicki, L. 2010. *Neuromarketing, Exploring the Brain of the Consumer*. Berlin: Springer-Verlag.

Autoriaus mokslinių publikacijų disertacijos tema sąrašas

Straipsniai recenzuojamuose mokslo žurnaluose

Ubartė, I.; Čerkauskas, J.; Turūta, A.; Naumčik, A. 2016. Užstatytos aplinkos gyvavimo ciklo modelių ir sistemų analizė, *Science – Future of Lithuania* 7(5): 520–527.

Kaklauskas, A.; Zavadskas, E. K.; Banaitis, A.; Meidutė-Kavaliauskienė, I.; Liberman, A.; Dzitac, S.; Ubartė, I.; Binkytė, A.; Čerkauskas, J.; Kuzminskė, A.; Naumčik, A. 2018. A neuro-advertising property video recommendation system, *Technological Forecasting and Social Change* 131: 78–93.

Kaklauskas, A.; Ubartė, I.; Kalibatas, D.; Lill, I.; Velykorusova, A.; Volginas, P.; Vinogradova, I.; Milevičius, V.; Vetlovienė, I.; Grubliauskas, R.; Bublienė, R.; Naumčik, A. 2019. A multisensory, green, and energy efficient housing neuromarketing method, *Energies* 12: 1–30.

Naumčik, A.; Erdogan, S. I. 2019. Determining of the most critical factors to stakeholders in real estate investment, *International Journal of Advances in Mechanical and Civil Engineering (IJAMCE)* 6(2): 74–77.

Naumčik, A. 2020. Possibilities of neuroscience application in housing development, *Engineering Structures & Technologies* 12(1): 15–24.

Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A.; Bausys, R.; Naumčik, A.; Ubartė, I. 2020. Integrated hedonic-utilitarian valuation of the built environment by neutrosophic INVAR method, *Land Use Policy* 101: 1–18.

Straipsniai kituose leidiniuose

Erdogan, S. I.; Naumčik, A. 2019. Evaluation of investing in real estate in EU and non-EU countries based on MCDM, *13-osios tarptautinės konferencijos „Modern Building Materials, Structures and Techniques“, vykusios 2019 m. gegužės 16–17 d. medžiaga*. Vilnius: Technika, 553–558.

Summary in English

Introduction

Formulation of the problem

In construction and real estate market, it is no longer enough to prepare a project for an object and implement it. Like in other business sectors, besides existing challenges of a technological character, the problems related to the presentation of objects in the market which are coped with by employing solutions of quite distant research areas, as it seems at the first glance, are faced. When making marketing decisions, neuroscience techniques are applied in various sectors: telecommunications (Adhami 2013), food (Tichy et al. 2012; Cosic 2016; Stasi et al. 2018; Hsu, Chen 2020), cosmetics (Costa et al. 2015), tourism (Boz et al. 2017; Bastiaansen et al. 2018; Hsu, Chen 2020) and others. Neurotechniques were also applied in the decision-making in the engineering field (Hu et al. 2018; Shealy, Hu 2018; Hu, Shealy 2019). Neuromarketing and its techniques, likely, have a large unused potential in the construction and real market, too; therefore, the research work aims to reveal opportunities for application of neurosciences in the said field. The present research solves a problem of application of neuromarketing in the construction and real estate market, answering a topical research question that forms the basis for the scientific problem being solved: what is the potential of application of neuromarketing techniques in the construction and real estate market?

Relevance of the research

Neuromarketing is a new field of interdisciplinary research crossing the boundaries of neuroscience, neuroeconomy and marketing research (Ulman et al. 2015). Neuromarketing techniques that appeared quite recently provide preconditions to learn about human behaviour in the decision-making process in a basically different, quantitative, way. The use of such techniques as electroencephalography, functional magnetic resonance, eye-gaze tracking enables collecting the data on neurological responses in the human brain. The data is obtained by the consumers directly, without enquiring about their thoughts, feelings, memories, evaluation or decision-making strategies. Neuromarketing is a highly promising field of research having a potential to become not only the fundamental of new marketing theories or to supplement already existing ones, but also to become the basic element of other related fields.

The sector of construction and real estate is a complex phenomenon which is not completely characterised. The doctoral dissertation deals with in-depth investigation of how subjects acting in this sector could gain advantage by using neuromarketing techniques in decision-making processes related to real estate choices.

Object of the research

The research object is the application of neuromarketing in the real estate as a phenomenon that explains customers' choices is the research object.

Aim of the research

The aim of the research is to design a model based on neuromarketing principles that intends to select energy-efficient real estate that matches customers' expectations. It is oriented towards the model that could be flexibly applied and adapted to the real estate that features (or does not feature) characteristics of energy efficiency.

Tasks of the research

The following objectives have to be solved in order to achieve the aim of the thesis:

1. To analyse the concept of neuromarketing, to identify the fields of application of neuromarketing, to identify the challenges that occur in the construction and real estate market as well as the potential to solve them by using neurosciences, to specify the problems of application of neurosciences in the construction and real estate market and to perform critical analysis of neuromarketing techniques applicable in construction and real estate market research.
2. To form a model based on neuromarketing principles that could be applied in the energy-efficient real estate market and to base the stages of model's application, necessary technologies, data, and features.
3. To empirically test the applicability of the model based on neuromarketing principles in the energy-efficient real estate market.

Research methodology

The investigation and development of the concept of neuromarketing employed the historical, concept analysis methods. The applied methods of systematic and comparative

analysis, logic and synthesis allowed grouping the neuromarketing techniques applicable in the construction and real estate market research. To design the model based on neuromarketing principles for the energy-efficient real estate market, the following methods were used: mathematical modelling, logical analysis and synthesis. To collect the data from the empirical study, remote photoplasmography was performed using FaceReader 7.1 with an optional remote photoplethysmography module, a breath sensor, an infrared camera, and an indoor mini-dome IP camera. Multicriteria analysis was performed using INVAR method. The following quantitative and qualitative research methods were also used in carrying out empirical research: descriptive statistics, statistical analysis, comparative analysis and synthesis, generalisation.

Scientific novelty of the research

The following results significant for the civil engineering science have been achieved:

1. Having systematised knowledge on the most frequently provided conceptions (consumer neurosciences and neuroimaging) that determined interpretations of the neuromarketing concept, scientific cognition of this phenomenon has been supplemented and the definition of neuromarketing has been specified.
2. Having investigated recent scientific research works in the neuromarketing field, main groups of neuromarketing techniques have been classified and success cases, features of the use of separate techniques in the construction and real estate sector have been highlighted.
3. The proposed methodology can be flexibly applied not only in the case of the energy-efficient real estate objects. Tested methodology might be successfully applied for the selection of real estate objects of other types and purposes that match customer preferences.
4. The proposed quantitative model based on neuromarketing principles for the energy-efficient real estate market creates preconditions for adequate assessment of air pollution, noise, to measure depersonalised emotional-psychological conditions, heart rates of potential buyers.

Practical value of the research findings

The designed model based on neuromarketing principles aims to propose energy efficient housing that matches needs and expectations of potential customer in a timely manner. This model based on neuromarketing principles allows precise and fast collection of data on geographical, demographical, psychological criteria of real estate consumers for low labour costs; therefore, it should be treated as an attractive means for top managers, marketing specialists of organisations. The results of an empirical study evaluating four energy efficient real estate objects, showed that application of the designed model provides preconditions to more precisely, faster and more objectively estimate the needs of potential buyers of real estate objects in terms of the real estate object characteristics and price, promotion, grounding on depersonalised emotional-psychological conditions, heart rate of potential buyers. The model can be applied in various segments of the construction and real estate market, i.e. in work with both natural and juridical persons.

Defended statements

1. The designed model based on neuromarketing principles provides preconditions for segmentation of potential consumers of real estate according to their demographic, physiological characteristics, at the background of neuromarketing methods, has advantage in its capacities to prepare solutions that match the demands of potential buyers of housing.
2. Seeking to identify where people would like to live, it is purposeful to carry out segmentation of the market according to geographical, demographical, psychological, consumer behaviour criteria grounding on the somatic marker hypothesis.
3. The proposed method of neuromarketing is suitable when seeking to choose the most suitable solutions of marketing communication for energy-efficient housing, with regard to the differences in potential market life cycle experience, personal traits, age.

Approval of the research findings

7 articles have been published on the topic of the doctoral dissertation: 6 of them were published in scientific reviewed periodical journals. The dissemination of the doctoral research results took place at 2 international scientific conferences, 1 national conference:

1. Presentation at the international conference “International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICCEE)” at 20-21st January, 2019 (Stambul, Turkey). The topic of the presentation was “Determining of the most critical factors to stakeholders in real estate investment”.
2. Presentation at the international conference “13th International Conference on Modern Building Materials, Structures and Techniques” at 16-17th May, 2019 (Vilnius, Lithuania). The topic of the presentation was “Evaluation of investing in real estate in EU and non EU countries based on MCDM”.
3. Presentation at the national conference “Science – Future of Lithuania. “Construction”, section “Construction Management and Real Estate”” at 8th May, 2019 (Vilnius, Lithuania). The topic of the presentation was “The possibilities of neurosciences in the development of real estate”.

Structure of the dissertation

The doctoral dissertation consists of the introduction, three chapters and general conclusions. The volume of the doctoral dissertation is 106 pages. The text includes 12 numbered formulas, 10 figures and 21 tables. 156 literature and other sources were used in preparation of the doctoral dissertation.

1. Theoretical Aspects of Application of Neuromarketing in the Construction and Real Estate Market

The chapter explores the development and diversity of points of view towards neuromarketing, the concept of neuromarketing, reveals the fields for application of neuromarket-

ing, identifies the challenges that occur in the construction and real estate market and potential to solve them by using neurosciences; the most important problems in the use of neurosciences in the construction and real estate market are specified.

Marketing is one of such research fields making a highly significant effect on the construction and real estate market; with an increasing interdisciplinarity background it gains indisputable importance and weigh seeking to meet the consumer demands even in highly technology-driven markets. J. E. Schaufelberger (2000) named marketing one of the most important functions of organisations operating in the construction and real estate market. In recent decades, the demand for designing marketing strategies is increasingly becoming more prominent (Dale et al. 2012; Wang, Liu 2013; Zeng et al. 2015; Liang, Gao 2018) in the construction and real estate market. In the construction and real estate market, an important role is also allocated to market research (Cariaga, El-Diraby 2013; Zhou et al. 2015). It is a necessary part of and a condition for development strategies employed by housing developers. Over several last decades, decisions in the construction and real estate market were based on personal surveys, experiments, focus group research oriented towards identification of target audience needs and attitudes (Stanton et al. 2017; McDowell, Dick, 2013; Brenninkmeijer et al. 2020). Effectiveness of these market techniques that have already become traditional raises increasingly more significant doubts because quite often people do not understand and cannot explain their behaviour. S. Agarwal and T. Dutta (2015) have it that more than 90 per cent of the mental activity is performed unconsciously and traditional research methods to evaluate it under present-day conditions are insufficient. An increasing scope of the use of neurotechnologies and neuroimaging techniques has strongly impacted the field of market research over the last decade. Besides traditional market research methods based on verbal response, neuroscience techniques providing preconditions for objective assessment of what processes take place in the human brain started being applied and developed more intensively.

For many years, a homebuyer was being viewed as a rational decision-maker whose behaviour can be explained by traditional market research. Such approach was quite convenient: it was possible to evaluate and measure rational behaviour. Since consumer behaviour was becoming explainable in increasingly more complex ways, it is being currently acknowledged that behaviour is not based only on consciousness and rationality. Moreover, consumers themselves usually are unaware and cannot explain why they made a particular decision. Under such conditions, traditional market research no longer meets the needs of the contemporary construction and real estate market. Since emotions take an increasingly more important role in the decision-making process (Ruževičiūtė 2012), the application of neuromarketing methods becomes purposeful.

Having combined points of view, endeavours of representatives of separate scientific schools, an innovative approach to a consumer is being formed, marketing strategies based on the movement of nerve impulses and emotions are being designed. Neuromarketing opens vast resources of new data, opportunities to expand theoretical assumptions, visualise cognitive decision-making processes (Shealy & Hu 2018).

Neuromarketing as a phenomenon that can potentially explain consumer decisions in the real estate sector was chosen because of reasonably formed expectations that neu-

romarketing methods will become more time and financially efficient than other marketing methods (Stasi et al., 2018). Neuromarketing has the potential to provide real estate operators with information that traditional marketing methods are unable to.

Neuroscience techniques provide preconditions for identification of the focus of attention and assessment of sensory experience. These techniques investigate memory and the process of learning. Perhaps, emotions and motivation are the most important what can be estimated by neuroscience techniques (Cosic 2016). The chapter includes the conducted analysis of neuromarketing techniques available over several last decades, covering various types of neuromarketing techniques (Fig. S1.1).

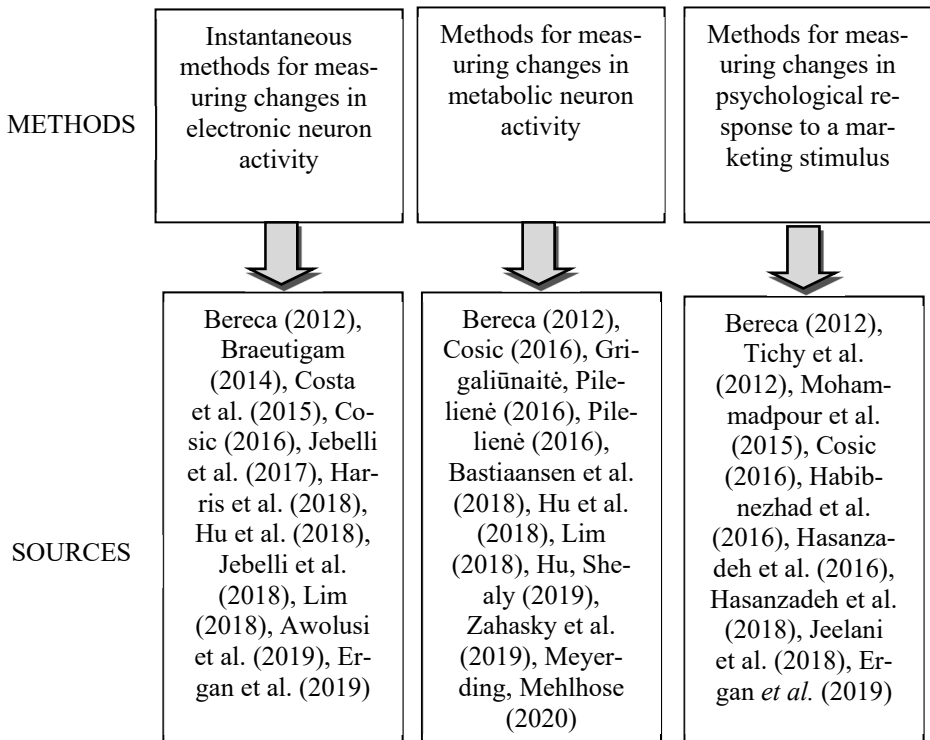


Fig. S1.1. Classification of neuromarketing techniques and sources

The scientific potential of neuromarketing methods is quite wide, but attempts to apply them in the construction and real estate market are minimal, so this part of the work analyzes neuromarketing methods that have not necessarily been applied in the construction and real estate market, but can potentially be used in real estate decisions.

The analysis of theoretical assumptions has shown that the content of the concept of neuromarketing has expanded over the last few decades. At the beginning of the 20th century, neuromarketing was treated as an application of neuroscience methods, and more

recently, the concept under consideration has been looked at much more broadly: neuromarketing is already considered an interdisciplinary field of science. This area is described as the application of neuroscience theories, methods, tools to analyze and understand consumer behavior, determine consumer response to marketing actions, get to know consumers, refine cognitive, psychological and emotional processes, and evaluate the effectiveness of marketing functions. The mentioned goals are also relevant in the construction and real estate market.

The potential of neuromarketing methods in the construction and real estate market is quite wide. Neuromarketing techniques can be applied to both external and internal marketing. Neuroscience methods in the construction and real estate market can be used to make marketing decisions related to individual elements of the marketing complex (product, price, distribution, sponsorship), working with target audiences of different ages, life experiences, character traits who want to live where they feel best. For residential real estate developers, the application of neuromarketing techniques could be particularly useful in the early stages of sales, when residential real estate is not yet under construction. Then, based on the results of neuromarketing research, it would still be possible to adjust certain characteristics of residential real estate. Neuromarketing research data could also be used at an early design stage, where there is an opportunity to change design decisions to create residential real estate that is attractive to potential buyers.

Organizations operating in the real estate sector have difficulty in rationally explaining the behavior of consumers of residential real estate. As consumer behavior becomes increasingly complex to explain, neuromarketing techniques are gaining tremendous potential in this area.

The problems of neuromarketing use in the construction and real estate market are considered to be deep and important. The analysis of the scientific literature clarified the following problems: 1) ethical dilemmas; 2) lack of knowledge; 3) difficulties in selecting the most appropriate methods; questionable reliability of the data. Any of these problems can limit the success and effectiveness of neuromarketing applications. One such problem discussed in this section is the difficulty in selecting appropriate neuromarketing methods. Knowledge of neuromarketing techniques is becoming important in solving this problem. Only by knowing the essence, specifics, advantages and disadvantages of the methods will it be possible to reasonably select the most appropriate neuromarketing methods to be used in construction and real estate market research.

Summing up the research on neuromarketing, the neuromarketing techniques were divided into three groups comprising different contents: 1) momentary techniques intended for measurement of changes in the activity of electronic neurons; 2) techniques intended for measurement of changes in the activity of metabolic neurons; 3) techniques intended for measurement of changes in a psychological response to the marketing stimulus.

Instantaneous methods for measuring changes in electronic neuronal activity includes techniques such as electroencephalography, magnetic encephalography, transcranial magnetic stimulation, topography at rest. Instantaneous methods for measuring changes in the performance of electronic neurons are used to solve various real estate problems (eg, to determine the level of stress of construction workers, to assess work

safety), but the application of the group's methods to improve marketing decisions is still very limited.

Changes in the activity of metabolic neurons are measured using functional magnetic resonance imaging, functional semi-infrared spectroscopy, and positron scatter tomography. Functional magnetic resonance imaging has the greatest application potential in the real estate sector in this group of methods. The advantage of this method is due to the wide spatial resolution possibilities, minimal risks and simple application.

The third group of neuromarketing methods focuses on measuring changes in the psychological response to a marketing stimulus. This group includes methods of gaze capture, galvanic skin reactions, recognition of facial expressions. The method of eye capture has exceptional advantages in the context of the construction and real estate sectors. With this method, subjects may not feel or notice that they are participating in the study, without further delaying the time of the study participants. In addition, gaze capture equipment is becoming more and more convenient for users.

The analysis of techniques of neuromarketing – electroencephalography, functional magnetic resonance, functional semi-infrared spectroscopy, eye-gaze tracking and galvanic skin responses – was carried out; identification of advantages and disadvantages revealed the potential of application of the said techniques when making marketing decisions, working with target audiences attributed with different ages, life experiences, personal character traits, who wish to live where they feel best.

The analysis of neuroscience techniques and advantages demonstrated that the functional semi-infrared spectroscopy and galvanic skin responses were characteristic of the weakest limitations; however, this does not reveal the advantage of these techniques in comparison to other neuroscience techniques. It should be noted that in each case the most suitable technique should be chosen depending on the research aim, research context, available human, financial and time resources.

An analysis of the scientific literature has shown that the application of neuromarketing in the construction and real estate market leaves problematic issues that are important to address because: with the growing importance of residential real estate solutions, there is a need to develop a model based on neuromarketing principles applicable to the real estate market (1); it is necessary to empirically test the applicability of a model based on neuromarketing principles (2).

2. Modelling of Neuromarketing Application in the Energy-Efficient Real Estate Market

This chapter presents the model of neuromarketing techniques applicable in the energy-efficient real estate market. The application of neuromarketing techniques has an estimated succession, prepared specification of required technical equipment. The chapter displays the matrix designed for making neurosolutions, the estimated application of the INVAR method, the assessment of precision of psychological and demographic characteristics.

The study aims to find answers to the following questions: how to assess the segmentation / physiological indicators (market composition by gender and age groups) of potential buyers, as well as emotional (happy, sad, angry, valentine) and physiological

(heart work) states in order to provide an integrated assessment of such data and offer buyers rational, energy-efficient residential real estate alternatives? To achieve this goal, a multi-sensor neuromarketing approach has been developed for energy-efficient residential real estate. All this was done in six stages.

Stage I. Preparation of a neural decision-making matrix and preparation of baseline data for correlation analysis, taking into account the emotional and physiological state of different age groups and genders.

Stage II. Application of INVAR (Investment Value Assessments, along with Recommendations) method. The INVAR method has been chosen as the only alternative for calculating the value of real estate. The multi-criteria analysis in selected locations sought to identify rational and emotional market segments based on geographical criteria (air and noise pollution at six intersections in Vilnius), demographic criteria (men and women in the 21–30 and 31–40 age groups) and psychological and consumer behavioral criteria (happy, sad, and angry, along with valence and heart rate).

Stage III. The accuracy of the assessment of physiological and demographic markers is presented.

Stage IV. A case study aimed at analyzing various criteria for residential real estate alternatives. The aim was to examine the six places where there is the greatest demand for residential real estate for sale and where people felt the best, that is, positive emotions far outweighed negative emotions according to Damasio's somatic marker hypothesis (Damasio, 1994).

In this context, important somatic marker hypotheses formulated by Damasio (1994) suggest that emotional changes determine behavior and decision-making. Because feelings are related to the senses of the body, Damasio (1994) called this phenomenon a somatic state (Gr. Soma - body). Damasio (1994) called this state a marker because the state marks the image. The term somatic was used by Damasio in a broad sense to refer to it as the body. Somatic markers mentioned by the author includes both visceral and non-visceral sensations. In his view, emotions play a crucial role, even in making the simplest everyday decisions. For example, a person who receives a somatic marker associated with a positive result each time may feel happy and may be inspired to repeat the same behavior. When a somatic marker is associated with a negative consequence, a person may feel sad. It acts as an internal signal alerting the person to avoid engaging in that action (Damasio, 1994).

Stage V. Criteria describing the emotional states of potential buyers by age and gender in the six locations examined are compared.

Stage VI. Conclusions are made. After the analysis, the market is segmented according to geographical criteria (air and noise pollution levels at six Vilnius intersections), demographic criteria (men and women aged 21–30 and 31–40) and psychographic and consumer behavior criteria (happy, sad and angry, together with valence and heart rate). In this way, the most in-demand energy-efficient residential properties are identified.

The equipment system for assessing emotional and physiological states consists of FaceReader 7.1 with an optional remote photoplethysmography module, X4M200 breath sensor, infrared camera FLIR A35SC and a mini-dome IP camera in the H.264 room. Data collection took place every second. The following technologies were used in the study:

Noldus Information Technology and XeThru. Viola and Jones stepwise classification algorithm was used to determine the position of the face in the image. The Active Appearance Model (Cootes and Taylor, 2004) was also used. This model synthesizes an artificial face model, describing the locations of 500 key face points along with the texture of the face. In addition, the automatic face expression recognition method, the face action coding system (for measuring facial movements) and the participant and continuous calibration methods found in FaceReader were used.

A multisensor, energy-efficient residential real estate neuromarketing method was used to process, analyze and present the obtained data (Fig. S2.1).

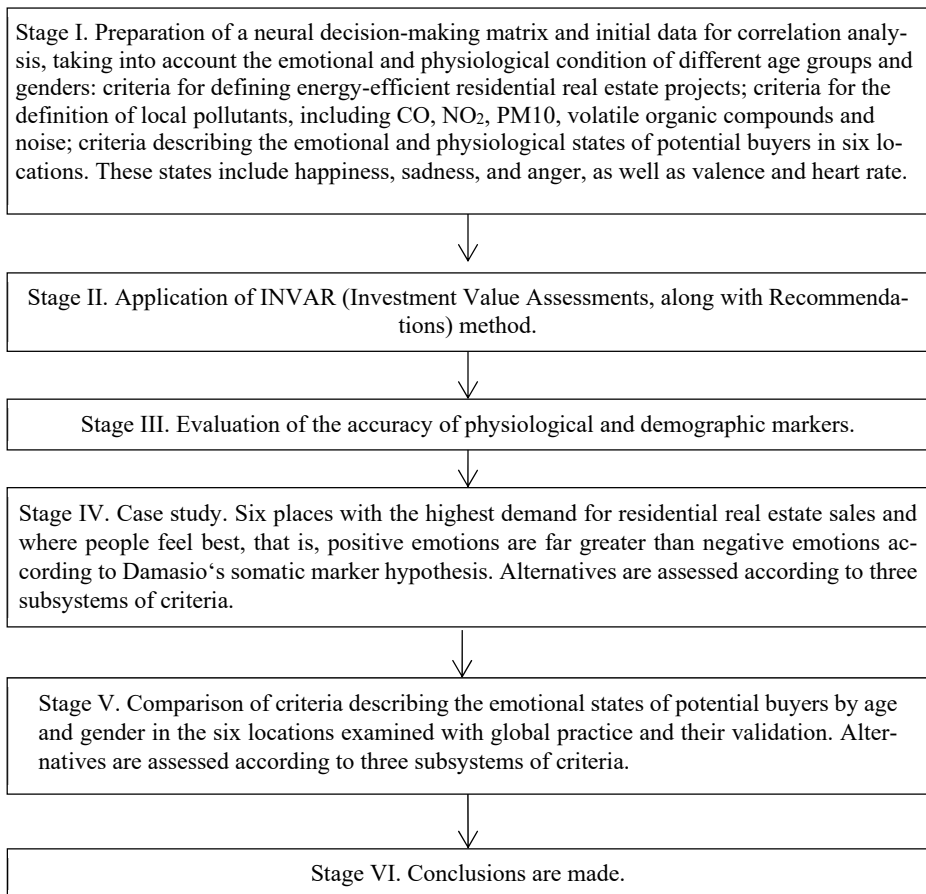


Fig. S2.1. General layout of the multisensory and energy efficient housing neuromarketing method

About 200 million multisensor data records have been accumulated. These records describe the emotional and physiological states of passers-by, ambient air pollution (CO,

NO₂, PM10, volatile organic compounds), and noise pollution. The collected data is stored in a database created for this purpose by VILNIUS TECH.

The application of a multifaceted, energy-saving residential real estate neuromarketing approach will allow for an integrated analysis of human segmentation / physiological indicators (composition of potential buyers by gender and age), emotional states (happy, sad, angry and valentine), physiological states (heart rate) environment (air pollution, noise).

3. Application of Neuromarketing for the Choice of the Project of Energy Efficient Real Estate

Results of international research works (Damasio 1994; Sandberg, Ronnblom 2016; Mouratidis 2018; Schertz et al. 2018) demonstrate that people would like to live where they feel best, where positive emotions strongly exceed negative ones. The aim of this analysis was to identify the most rational segments of the market according to geographical criteria (four energy-saving residential houses situated at the crossroads under the analysis, including particular levels of air and noise pollution there), demographic criteria (men and women at the age of 21–30 and 31–40) and psychological and consumer behaviour criteria (happiness, sadness, anger, valency and heart rate). Both the somatic marker hypothesis formulated by Damasio (1994) and the multisensory, energy-saving housing neuromarketing method are the basis of this segmentation. To achieve the aim, the matrix for making neurodecisions was designed. This matrix consists of three groups of criteria: criteria that define projects of energy-saving housing; criteria that define local pollutants, including CO₂, NO₂, PM10, volatile organic compounds and noise; criteria that define depersonalised emotional-physiological conditions of potential buyers, including happiness, sadness and anger, also valency and heart rate, in six locations.

The testing of practical acceptability of the model of application of the neuromarketing techniques is described in this chapter. Practical application of the model was tested in the case of the energy-efficient real estate. This was conducted in the following sequence: the investigated cases of the energy-efficient real estate were characterised; the matrix of neurodecisions was designed; the results of the measurement of air pollution and noise, depersonalised measurement of emotional-psychological conditions of potential buyers were analysed; emotional conditions of potential buyers were differentiated according to demographic characteristics; assessment of the heart rate was carried out.

Four energy-efficient residential real estate development projects were selected at the study intersections. An energy-efficient residential real estate object aims to minimize the impact of the object on the environment by promoting attention to the life cycle of the object in planning and development processes, as well as ensuring population health, return on investment for developers and the local community (Zhang, 2015). An energy-efficient residential property is a building that has a higher energy efficiency than standard buildings (Ionescu et al., 2015).

Energy class A buildings with modern recuperation systems, plastic windows with double glazing and selective glass, insulated roof and landscaped greenery at the intersection of Kareiviu, Kalvariju and Ozo streets were selected for the analysis. Class A buildings consume approximately 20 kWh / m² per heating season. Modern recuperators help to achieve the efficiency of this type of buildings. Thanks to the plastic windows with

double-glazed units and specially selected glass, the window frames of Class A buildings have up to 30% better thermal properties. The walls of these buildings are also thicker, which contributes to their better thermal properties, which would otherwise be provided by the graphite they contain.

The roofs of the buildings are insulated and contain 42 cm of insulating materials. Ventilation equipment (recuperation systems) is installed in residential real estate objects, which retains part of the heat together with the supply of fresh air.

Residential house under investigation Žygimantų str. 12 is an A + class energy efficiency status building with wooden windows. Žygimantų st. 12 new residential real estate objects are offered in the Old Town. The two buildings of this building have been given the following names: “River” and “Towers”. This is a Class A + project in terms of its energy benefits. This project is developed in line with modern stylistic traditions, using the highest quality materials, using the latest construction technologies, sustainable materials and processes to ensure functionality and convenience.

The third residential property has an A + class energy supply with geothermal heating and an intelligent heat control system. It is located at the intersection of Santariškių and Baublio streets near the green recreation area. The facade of the investigated A energy class building at the intersection of Pamėnkalnio, Jogailos, Islandijos and Pylimo streets is made of glass and aluminum constructions. The window frames of the building are wooden, the roof is green. The Veikme Park residential complex consists of six five-story buildings and one eight-story building. It is expected that this complex will have 250 residential apartments, each with an area of 40 to 105 m². Two- and three-bedroom residential apartments with an area of approximately 50 to 70 m² will dominate.

“Live Square” is a space in the center of Vilnius that pulsates with life and innovation, filled with the lives and culture of modern citizens. This space enlivens Gediminas Avenue and opens it to an active life and professional activity. The roofs of the buildings are planted so that people can use them as terraces overlooking the panorama of the city center.

The results of the performed empirical research proved the applicability and suitability of the proposed multisensory, energy-saving residential real estate neuromarketing method for decision-making related to various neuromarketing tasks. An important difference between decision-making related to these various neuromarketing tasks is the design of an appropriate neurodecision making matrix.

Analyzing the emotions of potential buyers at six intersections of Vilnius streets, the parameters of happy, sad and angry states, as well as the parameters of valence and heart rate of potential buyers were measured. Potential buyers were categorized by gender (male or female) and age groups. The age groups were defined as follows: 10–20, 21–30, 31–40, 41–50, and 51–60 years.

The happiness, sadness, and anger of potential buyers along with their valence and heart rate were measured at six selected locations. About 200 million pieces of data were collected on the emotional and physiological states, valence, and excitement of potential buyers. Data on the depersonalized emotional and physiological states of potential buyers were disaggregated by sex and age groups (ages 10–20, 21–30, 31–40, 41–50, and 51–60). Happy, sad, and angry states were measured on a scale of 0 to 1. A higher rating means a stronger expression of emotion. For example, the dominant condition of women

aged 31–40 observed at the intersection of Šventaragio and Pilies streets was sadness (0.16). The analysis of the data set of men aged 51–60 at the intersection of Kareivių, Kalvarijų and Ozo streets showed that happiness is the predominant emotion (0.22). Valency, on the other hand, indicates the strength of positive or negative emotions. The value of valentility ranges from -1 (strongest possible negative emotions predominate) to $+1$ (strongest possible positive emotions predominate). The valence of most of the emotions of men and women aged 31–40 at the intersection of Šventaragio and Pilies streets was negative (-0.09 and -0.10 , respectively). Heart rate was also measured.

Encrypted emotions are an important source of data for consumers when designing marketing communications campaigns for energy-efficient buildings. Therefore, when aiming to evoke the most effective emotions in the marketing communication of an energy-efficient building, it is important to understand the reaction of the dominant communication message in the campaign to the character traits of people of different ages with different life experiences. Intuition and emotions begin to form at the beginning of the process of buying energy-efficient residential real estate and subjectively predict the outcome of satisfaction with the purchase in advance.

People want to live where they feel best - where positive emotions are stronger than negative ones. The analysis of the first case involved the identification of rational and emotioS3.nal market segments based on geographical, demographic, psychographic, and consumer behavior criteria. The application of the neuromarketing method of energy-efficient residential real estate according to the above-mentioned criteria creates preconditions for a potential buyer to make a rational offer. The advantage of this multifaceted, energy-efficient residential real estate neuromarketing approach is that it can help determine the integrated hedonistic and utilitarian value of a project, and provide quantitative data-based recommendations for project improvement. Another significant advantage of this method is that it allows the optimization of any selected criterion to make a particular project competitive in the market like other comparable projects. The INVAR method allows you to determine the value that would be best for a particular project compared to other projects in a particular project group.

The second case study, in which the results of the assessment of the emotional and physiological states of potential buyers of residential real estate were compared with global practices and trends, provided the basis for establishing correlations. The results of the analysis showed that people's level of happiness by age forms a U-shape, and sadness and anger are reflected in the reverse U-shape. The heart rate increases with age. The heart rate also depends on the level of emotions, as there is a direct relationship between heart rate and sadness, as well as other emotions. An analysis of the scientific literature has shown that the relationship between environmental awareness and age takes the opposite U-shape, and a person's emotional state depends on age.

The analysis of the emotional and physiological states of depersonalized potential buyers in different age and gender groups coincides with studies conducted in various countries around the world that have shown that a person's emotional and physiological state is related to his or her age. This consistency of the study results confirms the reliability of the data used for the multicriteria analysis. The results of the research create preconditions for selecting the most attractive residential real estate objects depending on the person's emotional and physiological condition and age.

Based on the results of the correlation analysis, it can be concluded that there is a statistically significant correlation between heart rate and all analyzed variables except nitrogen dioxide concentration, respiration rate, valence, sadness, and fear. The strongest associations were found between heart rate and disgust ($r = 0.909$, $p < 0.01$), anger ($r = 0.886$, $p < 0.01$) and $KD_{2.5}$ concentration ($r = 0.835$, $p < 0.01$). The weakest correlations were found between heart rate and KD_{10} particle concentration ($r = 0.1892$, $p < 0.01$), ozone concentration ($r = 0.222$, $p < 0.01$). Statistically significant correlations between heart rate and carbon monoxide ($r = -0.157$, $p < 0.05$) and between heart rate and surprise ($r = -0.346$, $p < 0.01$) are negative. This means that as the heart rate increases, the concentration of carbon monoxide decreases; and the surprise index decreases, and conversely, as the heart rate decreases, the carbon monoxide concentration increases, the surprise index. A regression model (S3.1) was developed, which showed the dependence of heart rate on variables with significant correlations related to heart rate:

$$HR = \beta_0 + \beta_1 \cdot SO_2 + \beta_2 \cdot KD_{2.5} + \beta_3 \cdot KD_{10} + \beta_4 \cdot CO + \beta_5 \cdot O_3 + \beta_6 \cdot MS + \beta_7 \cdot SP + \beta_8 \cdot HP + \beta_9 \cdot AR + \beta_{10} \cdot IT. \quad (S3.1)$$

Multiple regression analysis showed that the model is appropriate because $p < 0.001$ (Table S3.1).

Table S3.1. Regression analysis results for heart rate and its dependent variables

Independent variables	Dependent variable		<i>F</i>	<i>p</i>	<i>R</i> ²
	Heart rate				
	<i>Beta</i> (β)	<i>p</i>			
Constant		0.000	106.642	0.000	0.857
Sulfur dioxide concentration	0.221	0.000			
$KD_{2.5}$ particle concentration	0.408	0.000			
KD_{10} particle concentration	-0.040	0.189			
Carbon monoxide concentration	-0.054	0.070			
Ozone concentration	0.029	0.329			
Magnetic storms	0.029	0.310			
Surprise	-0.022	0.492			
Happiness	0.049	0.127			
Excitement	0.315	0.000			
Interest	0.140	0.000			

The coefficient of determination (R^2) shows that the independent variables of the analyzed model (e.g., indicators of atmospheric pollution and personal psychological state) explain 85.7% of the variation of the dependent variable (heart rate). Calculating the direct coefficients of the regression equation (Table 3.13), it can be concluded that the independent variables (sulfur dioxide concentration, KD_{10} particle concentration, excitement and interest) have a significant effect on the dependent variable (heart rate) when $p < 0.05$. Significant effects of sulfur dioxide concentration ($\beta = 0.221$), $KD_{2.5}$ particle concentration ($\beta = 0.408$), arousal ($\beta = 0.315$) and interest ($\beta = 0.140$), and indicators of atmospheric pollutants and individual emotional states such as KD_{10} particle concentration, carbon

monoxide concentration, ozone concentration, magnetic storm, surprise and happiness can affect heart rate. However, this influence is not significant. The analysis of the data revealed the need to use variables such as emotional attitudes, emotional and physiological states, valence, and interest in neurodevelopment and neuromarketing.

The accuracy of physiological and demographic markers was analyzed in an empirical study. It has been found that there are insufficient studies in which the results obtained by neuromarketing methods are related to physiological and demographic indicators. This raises the need for deeper, additional research in this area. There is a need for research into not only energy efficient residential real estate but also other types of real estate. In order to confirm the suitability of neuroscience methods in the construction and real estate market, future empirical research is needed to enable the selection and substantiation of the most appropriate residential real estate marketing solutions. This could simplify the process of advertising residential real estate for sale, improve the quality of the videos and make them more interesting and effective.

The study examines air and noise pollution data that reveal the importance of the local factor in the selection of a residential property. Focusing on these data does not mean that other traditional local criteria, such as accessibility, accessibility, ease of public transport, distances to green and public spaces, environment, are irrelevant, they are simply not included in the set of criteria for this study. There is no doubt that targeted research will be carried out in the future, including environmental criteria for accessibility, affordability, ease of public transport, distances to green and public spaces.

General Conclusions

1. Having investigated recent scientific research works in the area of neurosciences, main groups of the neuroscience techniques (momentary techniques intended for measurement of changes in the activity of electronic neurons; techniques intended for measurement of changes in the activity of metabolic neurons; techniques intended for measurement of changes in a psychological response to the marketing stimulus) were classified. The conducted detailed review of the techniques of electroencephalography, functional magnetic resonance, functional semi-infrared spectroscopy, eye-gaze tracking and galvanic skin responses as well as identification of advantages and limitations demonstrated the choice of specific techniques for each case was determined by the research aim, context, available financial, human and time resources. It was found that the neuroscience techniques can be used in the construction and real estate market when making marketing decisions related to separate elements of the marketing complex (product, price, distribution, promotion), working with target audiences characteristic of different ages, life experiences, personal character traits, who wish to live where they feel best.

2. The advantage of the multisensory, energy-saving housing neuromarketing lies in its capacity to help identify the integrated hedonistic-utilitarian value of a particular project and provide recommendations based on quantitative characteristics for the improvement of that project. Another significant advantage of this method is that it provides preconditions for optimisation of any chosen criterion seeking to make a specific project competitive in the market, like other compared projects. The INVAR method allows estimating the value which would be best for a particular project, in comparison to other projects of a specific group of projects.

3. Identification of the rational and emotional segments of the market according to geographical criteria (six crossroads in Vilnius city, including air and noise pollution there), demographic criteria (men and women at the age of 21–30 and 31–40) and psychological and consumer behaviour criteria (happiness, sadness, anger, valency and heart rate), by applying multisensory, energy-saving housing neuromarketing method, provided preconditions for a rational offer.

4. Results of the empirical research have shown that heart rate of potential buyers of energy efficient housing is significantly related to the following factors of external environment: concentration of dioxide ($\beta = 0.221$), particle concentration ($\beta = 0.408$). Excitement ($\beta = 0.315$) and interest ($\beta = 0.140$) have a significant impact as well.

5. It is projected that the model that is sufficiently grounded on theoretical and empirical assumptions will be applied for the creation of imaging marketing communication system (VINERS1 and VINER2). Such a system would allow the individualization of the content of videos depending on the characteristics of potential buyers of housing.

Priedai³

- A priedas.** Neurosprendimų matrica (vyrų grupė)
- B priedas.** Neurosprendimų matrica (moterų grupė)
- C priedas.** Neurosprendimų matrica (šeimų grupė)
- D priedas.** Širdies ritmo ir kitų kintamųjų koreliacinės analizės rezultatai
- E priedas.** Disertacijos autoriaus sąžiningumo deklaracija
- F priedas.** Bendraautorių sutikimai teikti publikacijų medžiagą disertacijoje
- G priedas.** Autoriaus mokslinių publikacijų disertacijos tema kopijos

³ Priedai pateikiami pridėtoje kompaktinėje plokštelėje.

Andrej NAUMČIK

NEUROMARKETINGO METODŲ TAIKYMAS STATYBOS IR
NEKILNOJAMOJO TURTO PROJEKTAMS VERTINTI

Daktaro disertacija

Technologijos mokslai,
statybos inžinerija (T 002)

APPLICATION OF NEUROMARKETING METHODS FOR
THE EVALUATION OF CONSTRUCTION AND
REAL ESTATE PROJECTS

Doctoral Dissertation

Technological sciences,
Civil Engineering (T 002)

2021 06 04. 10,0 sp. I. Tiražas 20 egz.
Leidinio el. versija <https://doi.org/10.20334/2020-029-M>
Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius
Spausdino BĮ UAB „Baltijos kopija“,
Kareivių g. 13B, LT-09109 Vilnius