

**VILNIAUS UNIVERSITETAS
EKONOMIKOS IR VERSLO ADMINISTRAVIMO FAKULTETAS
FINANSŲ KATEDRA**

Kornelija DADURKAITĖ

Finansų ir bankininkystės magistro programa

MAGISTRO DARBAS

**INVESTICIJŲ Į NEKILNOJAMOJO TURTO RINKĄ ANALIZĖ IR
VERTINIMAS TAIKANT MAŠININIO MOKYMOSI METODĄ**

**THE ANALYSIS AND MACHINE LEARNING EVALUATION OF
INVESTMENTS INTO REAL ESTATE MARKET**

Leidžiama ginti _____
(parašas)

Magistrantas _____
(parašas)

Katedros vedėjas prof. **A. Paškevičius**

Darbo vadovas _____
(parašas)

Lekt. **D. Saikevičius**

Darbo įteikimo data _____

Registracijos Nr. _____

Vilnius, 2019

TURINYS

| | |
|--|-----------|
| IVADAS | 5 |
| 1. NEKILNOJAMOJO TURTO RINKOS TEORINIAI ASPEKTAI | 8 |
| 1.1. Nekilnojamojo turto rinkos samprata..... | 8 |
| 1.2. Nekilnojamojo turto rinkos charakteristikos ir klasifikacijos..... | 11 |
| 1.3. Nekilnojamojo turto rinkos ciklai | 17 |
| 1.4. Faktorai, turintys įtaką nekilnojamojo turto rinkai | 19 |
| 1.5. Nekilnojamojo turto rinkos ypatumai | 20 |
| 1.6. Nekilnojamojo turto vieta investicijų sistemoje..... | 22 |
| 1.7. Vertinimo metodikos analizė | 23 |
| 1.8. Dirbtinių neuroninių tinklų analizė ir bendrosios nuostatos | 28 |
| 2. NEKILNOJAMOJO TURTO VERTINIMO METODIKA BEI EMPIRINIO TYRIMO EIGA | 32 |
| 2.1. Pirmasis analizės etapas - Makroekonominių rodiklių analizė..... | 34 |
| 2.2. Antrasis analizės etapas - Makroekonominių veiksnių koreliacija su nekilnojamojo turto kainomis | 35 |
| 2.3. Trečiasis analizės etapas - Tyrimui naudojami duomenys..... | 36 |
| 2.4. Ketvirtasis analizės etapas - Nekilnojamojo turto kainos prognozavimas..... | 36 |
| 3. NEKILNOJAMOJO TURTO RINKOS ANALIZĖ IR VERTINIMAS | 38 |
| 3.1. Nekilnojamąjį turtą veikiančių makroekonominių rodiklių vertinimas ir trendas | 38 |
| 3.2. Makroekonominių veiksnių koreliacija | 47 |
| 3.2.1. Makroekonominių veiksnių koreliacija su nekilnojamojo turto kainomis..... | 47 |
| 3.2.2. Makroekonominių veiksnių koreliacija su nekilnojamojo turto nuoma | 48 |
| 4. NEKILNOJAMOJO TURTO KAINOS PROGNOZAVIMAS TAIKANT MAŠININIO MOKYMOSI METODĄ | 50 |
| 4.1. Modeliui naudojami duomenys..... | 50 |
| 4.2. Modelio kūrimas | 52 |
| 4.3. Modelio testavimas | 54 |
| 4.4. Modelio analizė ir vertinimas | 55 |
| IŠVADOS IR PASIŪLYMAI | 57 |
| Literatūros sąrašas | 59 |
| Summary | 65 |
| Priedai | 66 |

Paveikslų sąrašas

| | |
|---|----|
| 1 pav. Nekilnojamojo turto rinkos modelis..... | 10 |
| 2 pav. Nekilnojamojo turto charakteristikos | 12 |
| 3 pav. Nekilnojamojo turto rinkos ciklo grafikas | 18 |
| 4 pav. Dirbtinis neurono modelis..... | 29 |
| 5 pav. Empirinio tyrimo etapai | 33 |
| 6 pav. Bendrasis vidaus produktas ir analitiniai rodikliai | 38 |
| 7 pav. BVP prognozė | 40 |
| 8 pav. Nedarbo lygis ir dinamiųjų eilučių analitiniai rodikliai | 41 |
| 9 pav. Nedarbo lygio prognozė | 42 |
| 10 pav. Tiesioginės užsienio investicijos ir analitiniai rodikliai..... | 43 |
| 11 pav. Tiesioginių užsienio investicijų prognozė..... | 43 |
| 12 pav. Suderintasis vartotojų kainų kaita ir analitiniai rodikliai | 44 |
| 13 pav. Suderintasis vartotojų kainų prognozė | 45 |
| 14 pav. Nuolatinių gyventojų skaičius ir analitiniai rodikliai..... | 46 |
| 15 pav. Gyventojų skaičiaus prognozė | 47 |

Lentelių sąrašas

| | |
|--|----|
| 1 lentelė. Nekilnojamojo turto rinkos samprata | 8 |
| 2 lentelė. Investicinių priemonių ir finansavimo šaltinių lyginimas tarp rinkų | 9 |
| 3 lentelė. Savybės nusakančios nekilnojamojo turto naudingumą (vertingumą)..... | 12 |
| 4 lentelė. Lyginamosios nekilnojamojo turto charakteristikos | 17 |
| 5 lentelė. Ekonominių faktorių keliama įtaka nekilnojamojo turto rinkai | 19 |
| 6 lentelė. Investicinės vertės priežastys | 22 |
| 7 lentelė. Prognozavimo metodų skirstymas..... | 23 |
| 8 lentelė. Egzogeniniai kintamieji..... | 25 |
| 9 lentelė. Vektorinės autoregresijos modelio kintamieji..... | 27 |
| 10 lentelė. Neuroninio tinklo kontrolė | 31 |
| 11 lentelė. Analizei ir vertinimui naudojami modeliai, kriterijai..... | 35 |
| 12 lentelė. Koreliacijos koeficientų reikšmingumui suskaičiuoti naudojami kriterijai | 35 |
| 13 lentelė. Prognozių tikslumų įvertinimai | 37 |
| 14 lentelė. Koreliacijos matrica (Būsto kainos rodikliai) | 48 |
| 15 lentelė. Koreliacijos matrica (Būsto nuomos rodikliai) | 49 |
| 16 lentelė. Būsto duomenų bazė nuskaityta iš internetinių puslapių | 50 |
| 17 lentelė. Būsto duomenų bazė (sutvarkyta) | 51 |
| 18 lentelė. Nekilnojamojo turto duomenų bazės lyginimas | 52 |
| 19 lentelė. Atsitiktinai parinkti butai..... | 53 |
| 20 lentelė. Butų kainų prognozės | 53 |
| 21 lentelė. Butų kainų prognozės tikslumo įvertinimas..... | 54 |

IVADAS

Šiuolaikiniame pasaulyje nekilnojamojo turto rinka yra svarbus mechanizmas visai finansų sistemai, kuri daro itin stiprią įtaką kapitalo prieinamumui (Remeikienė, 2018). Įvairiose šalių ekonomikose nekilnojamojo turto rinka yra viena iš svarbiausių ekonominių elementų (Švogžlys ir Chlivickas, 2016). Tarptautinė nekilnojamojo turto rinka - pelningiausia investavimo galimybė. Nors pati rinka suvokiama kaip viena iš saugiausių ilgalaikių investicijų, tačiau tik po 2007–2008 m. JAV ir visą pasaulį sukrėtusios krizės tapo pelningesnė ir prieinama investuotojams (Howell, 2014). Atsižvelgiant į didesnę riziką besivystančiose šalyse, susijusią su rinkodaros strategijomis ir politiniais aspektais, reikalinga optimali strategija, leidžianti diversifikuoti investicijas į nekilnojamąjį turtą arba jį įsigijant.

Įvairūs tarptautiniai nekilnojamojo turto projektai pritraukia daug investicijų į šalį (Orlovska, 2015). Darbo vietų didėjimas yra vienas iš optimaliausių rezultatų, gaunamų iš tarptautinio nekilnojamojo turto verslo (Titarenko, Zabelaitė, Rudzkiš, ir Rojaka, 2007). Nekilnojamo turto rinką veikia įvairūs faktoriai: kintantis kitų sektorių vystymasis, kapitalo augimas, naujų darbo vietų atsiradimas ir investicijų pritraukimas tiek šalies viduje, tiek išorėje. Išvardinti faktoriai galintys ne tik stipriai pakeisti situaciją kituose sektoriuose, bet ir paveikti šalies ekonominę raidą. Šalies ekonomikos kintamumas pasireiškia ekonomikos augimu, vartotojų perkamosios galios ir naudojimo bei BVP augimu. Taip egzistuoja abipusis sąryšis, kai šalies ekonomika daro įtaką nekilnojamojo turto rinkai, o nekilnojamojo turto rinka daro įtaką šalies ekonomikai ir kitiems sektoriams.

Nekilnojamojo turto kainų prognozavimas yra labai sudėtingas, dėl itin fragmentiškų statistinių duomenų. Nekilnojamojo turto sandorių duomenys nesustabdomai kinta ir kiekvienu laikotarpiu parduodamos nuosavybės tipai yra skirtingi (Tupėnaitė, 2007). Todėl yra sukeliama nemažos analizės problemos, kadangi parduoto nekilnojamojo turto kainų imtis kiekvienu laikotarpiu yra itin skirtinga savo charakteristikomis. Neseniai statistinė nekilnojamojo turto rinkos kainų analizė buvo atliekama remiantis supaprastintais statistiniais rodikliais: vidurkiu ar mediana, praėjus dešimtmečiams šie statistiniai metodai tobulėjo ir buvo kuriami automatizuoti šių metodų įrankiai greitesniam duomenų apdorojimui (Zosel, 2013). Šiuolaikiniame pasaulyje didelių duomenų srautai tapo svarbus verslo ir tyrimų tema (Lovalekar, 2014). Daug įvairių verslo modelių pradėjo taikyti neuronų tinklus, kaip potencialią pagalbą, atlikti analizes bei didelių duomenų srautų įvertinimą ir prognozavimą.

Mokslinėje literatūroje (Park ir Kwon, 2014; Jiang ir Phillips, 2014; Baldominosir kiti, 2018), atliktose analizėse matoma mašininio mokymo raida, kuri vis labiau populiarėja analizuojant nekilnojamojo turto rinkas. Kompiuterizuojant mokslininkų sukurtus metodus bei juos modifikuojant tam tikra logika, dar greičiau pasiekiamas nekilnojamojo turto rinkos ir nekilnojamojo turto ateities perspektyvų bei investicijų į ją efektyvumo vertinimas. Vertinimo metodų automatizavimas sparčiai plinta per pastaruosius metus. Efektyvaus nekilnojamojo turto rinkų vertinimo modeliavimas bando imituoti elgesį rinkoje. Naujausios technologijos yra plačiai naudojamos mašininio mokymo algoritmų, siekiant automatizuoti, greitai apdoroti didelius duomenų masyvus, gerinti valdymo strategijas, ateities planavimus, kurių hipotezės bus efektyvesnės ir tikslesnės (Kou, Chao, Peng, Alsaadi ir Herrera-Viedma, 2019).

Darbo aktualumas: nekilnojamojo turto rinka svarbi investicijų dalis tiek pasaulyje, tiek Lietuvoje. Į nekilnojamojo turto rinką daug investuojama, dėl vis didėjančio investuotojų skaičiaus. Tačiau analizuoti nekilnojamojo turto rinką yra sudėtinga dėl duomenų apimties ir prieinamumo. Šiais laikais technologijų dėka labai tobulėja programiniai įrankiai, metodai, automatizuojami algoritmai ir vienas iš tokių inovatyvių metodų yra mašininis mokymasis. Šis metodas padeda išspręsti duomenų apimties ir apdorojimo problemą. Verta paminėti, kad vis dažniau yra taikomi šiam metodui neuronų tinklų algoritmai, siekiant automatizuoti, gerinti valdymo strategijas, atliekant strategines hipotezes. Taigi, mašininio mokymosi metodas yra ypatingas tuo, kad šiuolaikinių technologijų pagalba padeda pagerinti nekilnojamojo turto rinkos analizes bei atlikti reikalingas prognozes, kurios leidžia investuotojams suprasti investicijų inovatyvumą ir grąžą.

Darbo problematika: nekilnojamojo turto rinka bei jos kintamumas, yra susijęs su nekilnojamojo turto valdymo problemomis. Nekilnojamojo turto būstų kainų ar kitos svarbios informacijos analizė yra būtina, kuria remiantis būtų galima vertinti reikiamus nekilnojamojo turto objektus. Atliekant fundamentalią analizę, gaunami tiksliausi tyrimo rezultatai, nes juos galima pagrįsti statistinių duomenų analize. Pagrindinė problema yra ta, kad vystantis nekilnojamojo turto rinkai, nėra tiksliai žinoma pagal kokius faktorius rinkos vertinimas yra efektyviausias bei tiksliausias ir kokie nekilnojamojo turto rinkos iššūkiai, sunkumai laukia ateityje.

Darbo problema: nekilnojamojo turto rinkos vertinimo sudėtingumas kylantis iš statistinių duomenų nepakankamumas bei informacijos stygius analizuojant nekilnojamojo turto rinką veikiančius makroekonominis faktorius ir kainų prognozėms būdingus kintamuosius.

Darbo tikslas: išnagrinėti investicijas į nekilnojamojo turto rinką ir pateikti nekilnojamojo turto kainos prognozę Lietuvoje. Tikslui pasiekti bus pasitelktas mašininio mokymosi metodas.

Tikslui pasiekti yra formuluojami šie uždaviniai:

- išanalizuoti Lietuvos ir užsienio autorių mokslinę literatūrą bei kitus informacijos šaltinius, nagrinėjančius nekilnojamojo turto rinkas, jų rizikas, problemas;
- identifikuoti bei įvertinti faktorius, kurie veikia nekilnojamojo turto investicijas;
- išanalizuoti nekilnojamojo turto rinkai taikomus vertinimo, prognozavimo metodus ir išskirti jų taikymo ypatybes;
- apibrėžti mašininį mokymą ir taikomų vertinimo metodų problematiką bei įvertinti šios metodikos tinkamumą nekilnojamojo turto rinkos vertinimui;
- susisteminti pagrindinius nekilnojamojo turto efektyvumo vertinimo teoriniuose modeliuose taikomus rodiklius;
- pritaikyti mašininį mokymą kaip inovatyvią ateities tendenciją ir nustatyti būsto kainas;
- pateikti išvadas bei suformuluoti pasiūlymus.

Darbas susideda iš trijų skyrių. Pirmame skyriuje aprašoma teorinės dalies medžiaga. Antrame darbo skyriuje pateikiama tyrimo metodika, pristatomi nekilnojamojo turto vertinimo metodai bei jų aktualumas, aprašomi programiniai įrankiai ir duomenų bazės, naudojamos tyrimui atlikti. Trečiame darbo skyriuje aprašoma tyrimo eiga, pateikiami paveikslėliai ir lentelės suprantamesniam duomenų atvaizdavimui.

1. NEKILNOJAMOJO TURTO RINKOS TEORINIAI ASPEKTAI

1.1. Nekilnojamojo turto rinkos samprata

Investicijos į nekilnojamąjį turtą yra efektyvios ilgalaikėje perspektyvoje. Nekilnojamojo turto vystymas ir valdymas yra viena svarbiausių ekonominio augimo veiksnių. Jei kyla nekilnojamojo turto kainos rinkoje, nekilnojamojo turto sektorius proporcingai auga. Lietuvos ir užsienio investicijos nekilnojamojo turto kainai didžiausią kintamumą daro tiek tiesioginės tiek netiesioginės investicijos, kurios istorinėje plotmėje rodo didžiausią ekonomikos augimą Lietuvoje po 2008 metų krizės (Šarkinienė ir Gaigalienė, 2005). Mokslininkų Rogers ir Koh (2017) išanalizuotos tiesioginių ir netiesioginių investicijų į nekilnojamąjį turtą pasekmės, kurios tvirtina, kad (ypač netiesioginės investicijos) skatina migraciją bei siekti išsilavinimo užsienio tarptautinėse aukšosiose mokyklose. Nekilnojamojo turto vystymas šalies viduje bei vietinės reikšmės neatsiejamai susiję nuo šalies ekonominio, politinio ir kultūros lygių.

Nekilnojamojo turto rinkos sąvoką apibūdina tam tikri bruožai, faktoriai ir kitos įvairios savybės (Rutkauskas, 2001). Mokslinėje literatūroje nekilnojamojo turto rinka apibrėžiama įvairiai (žr. 1 lentelę).

1 lentelė. Nekilnojamojo turto rinkos samprata

(sudaryta autorės naudojantis šaltiniais: Pumput ir Šliogerienė, 2014; Rogers ir Koh, 2017; Brzeski ir kiti, 2006)

| Autorius, šaltinis | Nekilnojamojo turto rinkos samprata |
|-----------------------------|--|
| Brzeski ir kiti, 2006 | Nekilnojamojo turto rinka kaip erdvinė kategorija, suvokiama kaip tam tikra teritorija, kurioje vyrauja tam tikros nekilnojamojo turto prekybos sąlygos. |
| Aleknavičius, 2008 | Nekilnojamas turtas daro įtaką ne tik fizinės to objekto savybės, bet ir teisinės savybės, įgyjamos valdant tą turtą. |
| Rogers ir Koh, 2017 | Nekilnojamas turtas yra turto klasė, kurią individualūs ir instituciniai investuotojai įtraukia į investicinius portfelius, kuriuos diversifikuoja. |
| Pumput ir Šliogerienė, 2014 | Nekilnojamojo rinkai daro įtaką ir kiti indikatoriai, kurie, savo ruožtu, yra reikšmingi nekilnojamojo turto rinkos cikliškumu: lūkesčiai, naftos bei dujų kainos, paklausa bei pasiūla, perkamoji galia ir poreikiai. |

Nekilnojamojo turto rinkos tyrinėjimuose didelis dėmesys nukreipiamas į investicines priemones bei finansavimo šaltinius (žr. 2 lentelę).

2 lentelė. **Investicinių priemonių ir finansavimo šaltinių lyginimas tarp rinkų**
(sudaryta autorės, remiantis Geltner, Miller, Clayton, Eichholtz, 2007)

| | Viešoji rinka: | Privati rinka: |
|-------------------------|--|--|
| Investicinės priemonės: | Vertybiniai popieriai REITs ¹ Investiciniai fondai ETFs ² | Reali nuosavybė Privačios firmos Rizikos draudimo fondai |
| Finansavimo šaltiniai: | Skolos vertybiniai popieriai | Bankų paskolos Nekilnojamojo turto paskolos Rizikingų investicijų paskolos |

Daugelis pasaulio analitikų nekilnojamojo turto rinką apibūdina kaip sudėtingą sistemą, kuria bandoma įvertinti koreliacija tarp rizikos ir investicijų gražos. Toliau pavaizduota (žr. 1 pav.), kaip ši nekilnojamojo turto sistema veikia, įtraukiant išorinius veiksnius (Geltner ir kiti, 2007). Mokslininkai Geltner, D. M; Miller, N. G; Clayton, J; Eichholtz, P, (2007) remiasi ankstesniu teoriniu DiPasquale ir Wheaton (1992) darbu, kurie nustatė keturių kvadrantų modelio pagrindus nekilnojamojo turto rinkoje.

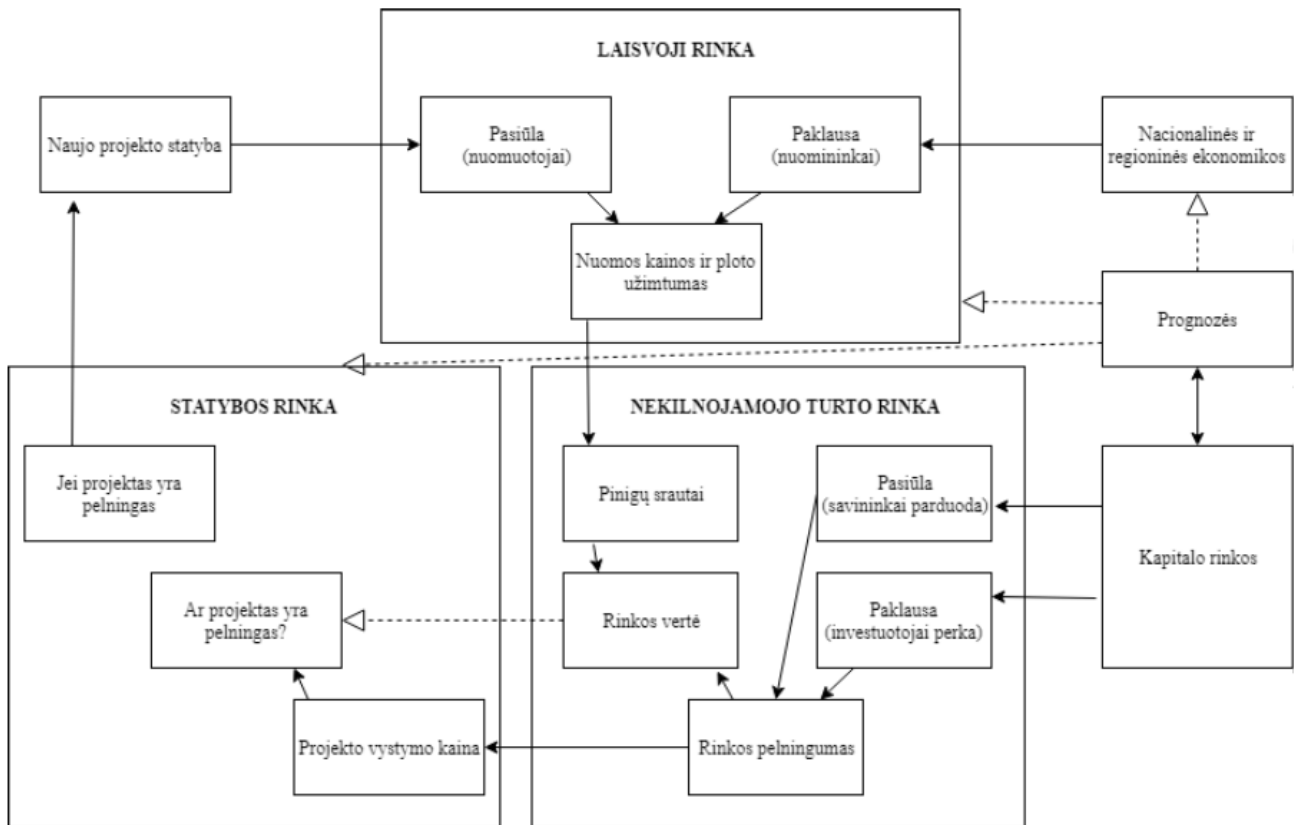
Pavaizduotas komercinio nekilnojamojo turto rinkos modelis atspindi tai, kad laisvoji rinka, kapitalo rinka, nekilnojamojo turto rinka ir statybos rinka yra abipusiškai susijusios, o ekonominis augimas prieinamas kapitalo rinkoje dėl pelningumo. Sąveika, egzistuojanti rinkoje yra tarp paklausos ir realios esamos pasiūlos rinkoje. Abi nacionalinės ir regioninės ekonomikos, kurios nurodomos iliustracijoje, garantuoja paklausą rinkoje nustatydamą nuomos rodiklį (Cohen, 2012).

Investuotojai, nuo kurių priklauso ir paklausa ir pasiūla nekilnojamojo turto rinkoje, nes jie galimai parduoda arba perka nekilnojamąjį turtą. Pavaizduotas (žr. 1 pav.) investuotojų veikimas kapitalo rinkoje. Rinkos pelningumą nustato investuotojų nuovoka apie nekilnojamojo turto valdymą, rizikos suvokimą, gražos apskaičiavimą atliekant pirkimo ar pardavimo sandorius. Prognozavimas yra svarbus nekilnojamojo turto rinkos dalis, kuri numato ateities nuomos kainų tendencijas, pagal paklausos ir pasiūlos sąveiką.

¹ REITs (angl. *Real Estate Investment Trusts*) – investicijų mechanizmas, kuris leidžia tiek smulkiems tiek stambiems investuotojams įsigyti nekilnojamąjį turtą, komercinių nekilnojamojo turto portfelių, kurie gauna pajamas iš įvairių sričių, įskaitant butų kompleksus, duomenų centrus, sveikatos priežiūros įstaigas, viešbučius, infrastruktūrą (pvz., energijos vamzdynus), biurų pastatus, prekybos centrus ir sandėlius.

² ETFs (angl. *exchange-traded funds*) – biržos prekybos fondas.

Aptarus minėtą informaciją galima apibendrinti, kad nekilnojamojo turto rinkos vertę nustato sąveikaujant laisvosios ir komercinio nekilnojamojo turto rinkoms tarpusavyje. Šios nekilnojamojo turto rinkos vertės tiesiogiai veikia statybas rinkoje. Tačiau daugelis pasaulio mokslininkų nekilnojamojo turto rinką apibūdina kaip sudėtingą sistemą, kuria bandoma įvertinti koreliacija tarp rizikos ir investicijų grąžos.



1 pav. **Nekilnojamojo turto rinkos modelis**
(sudaryta autorės, remiantis Geltner ir kiti, 2007)

Paveiksle 1 rodykle žymimas informacijos rinkimas ir naudojimas, o punktyrine rodykle žymimi nenumatyti srautai.

Nekilnojamojo turto rinkos modelis parodo, kad statybos rinką veikia nuomos rinka, o nuomos rinka veikiama naujos statybos. Nekilnojamojo turto rinkos prognozės yra pagrindinis rangovų, statytojų dalykas, nuo kurio priklauso naujų projektų plėtra.

Pagal Colliers International (2018) nekilnojamojo turto rinka yra skirstoma į:

1. Investicijų rinka – priklausanti nuo bendro rinkos kintamumo bei sąlygų, kurios nepriklausomai kinta. Investuotojai, kurie investuoja į šią rinką, prisitaiko prie rizikos tolerancijos bei išmano pačią investicijų rinką. Investuojant būtina atkreipti dėmesį į

kurią turto klasę bus investuojama, kurį sektorių, geografinį regioną, ar tiesiog vertybinius popierius. Investicijos skirstomos į vertybinius popierius, skolos vertybinius popierius, indėlius, investicinius fondus, nekilnojamąjį turtą.

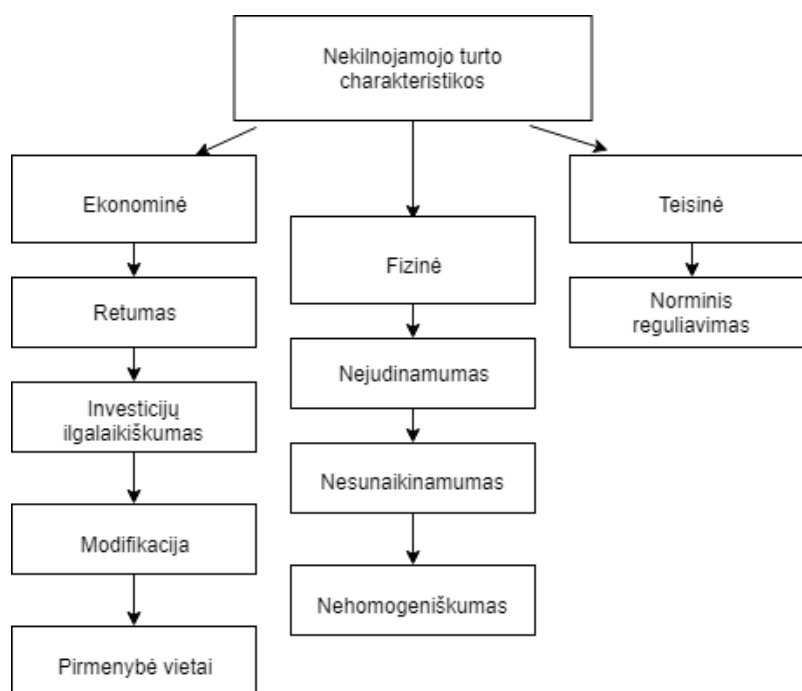
2. Biurų rinka – tai rinka, kuri nesustabdomai didėja, rangovai (net ir užsienio šalių) tvirtinasi šalyse bei siūlo naujausių technologijų biurus. Ši rinka plečiasi dar ir todėl, nes įmonės didina darbuotojų skaičių ir plečiasi, tam reikia didesnių bei technologiškai patobulintų biurų.
3. Mažmeninė rinka – tai rinka, kuri suprantama kaip ūkinė veikla, susijusi su prekių pirkimu ir pardavimu. Mokslinėje literatūroje ši rinka nusakoma kaip prekyba, skiriama prekybos funkcinė ir institucinė samprata. Prekybos funkcinė prasme – tai ūkinė veikla, kurioje pasireiškia įvairios ekonominės funkcijos (prekių mainų) vykdymu, nepriklausomai nuo to, kas ją vykdo (prekių gamintojas ar tarpininkas). Prekyba institucinė prasme, tai prekybos įmonės ar jų susivienijimai, kurios prekes perka turėdamos tikslą vėl jas parduoti ir gauti pelno.
4. Industrinė rinka – tai inovatyvi rinka, kurioje technologijų augimas ir tobulėjimas yra pagrindiniai rodikliai.
5. Viešbučių rinka – viena naujesnių rinkų, kur atsiradus poreikiui, atsiranda ir pasiūla. Lietuvos nekilnojamojo turto ekspertai viešbučių rinką apibrėžia kaip sezoninę rinką. Tai yra pagrindinis šios rinkos indikatorius, kai Žiemą viešbučius sunku užpildyti, o vasarą yra labai didelis jų trūkumas, ypač jei pasitaiko koks nors didesnis renginys.

Apibendrinus galima teigti, kad nekilnojamojo turto rinkos vertė yra nustatoma sąveikaujant nekilnojamojo turto ir statybų rinkoms tarpusavyje. Nekilnojamojo turto plėtra šalies viduje bei tarptautiniai pardavimai neatsiejamai susiję nuo šalies ekonominių, politinių ir kultūrinių lygių.

1.2. Nekilnojamojo turto rinkos charakteristikos ir klasifikacijos.

Sėkmingai vystantis nekilnojamojo turto rinkoms atitinkamai poveikį daro tam tikros savybės. Daugelis šių savybių yra naudingos investuotojams, kuriems reikalingas stiprus rinkos suvokimas. Kaip Lietuvos mokslinėje literatūroje Simanavičienė, Žalgirytė ir Keizerienė (2012) apibrėžė pagrindines nekilnojamojo turto charakteristikas, kurios yra atvaizduotos (žr. 2 pav.) ir kurios yra objektų retumas, investicijų ilgalaikiškumas, modifikacija ir dislokacijos vieta.

Charakteristikos yra suskirstytos į ekonomines, fizines bei teises, jos dar išskiriamos į po charakteristines savybes.



2 pav. **Nekilnojamojo turto charakteristikos**

(sudaryta autorės, remiantis (Simanavičienė, Žalgirytė ir Keizerienė, 2012))

Anot prof. dr. Navickas (2017) nekilnojamas turtas turi savybių, kurios apibūdina turto naudingumą. Savybės atskirtos pagal turimus rodiklius į skirtingas bazes:

3 lentelė. **Savybės nusakančios nekilnojamojo turto naudingumą (vertingumą)**

(sudaryta autorės, remiantis (Navickas, 2017))

| Fizinė būklė | Techniniai rodikliai | Investiciniai rodikliai | Socialiniai rodikliai |
|---------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Faktinis amžius | Plotas | Pajamingumas | Socialinių funkcijų vykdymas |
| Ekonominis amžius | Šiluminė varža | Likvidumas | Užimtumo didinimas |
| Apdaila | Energijos suvartojimas | - | Užimtumo išsaugojimas |
| Įrengimas | Naudojamos medžiagos | - | - |

Pasaulietiškoje nekilnojamojo turto aplinkoje, nekilnojamojo turto charakteristikos apibrėžiamos kiek kitaip nei mūsų šalies mokslinėje literatūroje.

Mokslinėje literatūroje nekilnojamas turtas apibrėžiamas kaip vienas svarbiausių elementų ekonomikoje, kuris veikia kaip gamybos priemonė (žemė, administracija, pramonė, sandėlis, komerciniai ir kiti pastatai ir patalpos, taip pat kiti įrenginiai) ir vartojimo objektas (objektas, gyvenamieji pastatai, kotedžai, butai, garažai) (Aleknavičius, 2008).

Atsirado naujų nekilnojamojo turto savininkų sluoksnis tiek asmeninio vartojimo, tiek daugelyje verslo veiklos sričių. Sukurtos komercinės struktūros, veikiančios nekilnojamojo turto rinkoje (Nekilnojamo turto vertinimo metodika, 2019). Vystosi vidaus ir užsienio investuotojų veikla, kuriai labai svarbu įsigyti garantuotas teises naudoti žemę ir teisinę jų interesų apsaugą. Pradėjo vystytis vietos teisės aktai dėl nekilnojamojo turto reguliavimo.

Nekilnojamasis turtas yra suskirstytas į tris pagrindines rūšis: žemę, būstą ir negyvenamas patalpas. Priklausomai nuo naudojimo pobūdžio, turtas yra naudojamas būstui (namams, butams), komercinei veiklai (viešbučiams, biurų pastatams, parduotuvėms ir pan.), pramonės reikmėms (sandėliai, gamyklos, gamyklos ir kt.) žemės ūkio (sodybos, sodai) ir specialios paskirties (mokyklos, bažnyčios, ligoninės, vaikų darželiai, slaugos namai ir kt.).

Ekonomikos teorijoje tradiciškai turtas padalintas į dvi dideles klases: nekilnojamąjį turtą (pastatus, statinius, įrangą, prekes) ir finansinį turtą (pinigus, banko sąskaitas, vertybinius popierius). Pirmieji yra tiesiogiai susiję su gamybos procesu, o jų produktyvus naudojimas atneša pajamas. Pastarieji atspindi tam tikrą indėlį į šį procesą ir tiesiogiai, be akivaizdaus dalyvavimo gamyboje, atneša pajamų.

Reikia suprasti, kaip nekilnojamasis turtas skiriasi nuo kito finansinio turto, kokie jo pagrindiniai yra pajamų šaltiniai.

1. Pajamų iš nekilnojamojo turto formos

Pajamos iš nekilnojamojo turto gali būti įvairios:

- būsimų pinigų srautų forma;
- didinant nekilnojamojo turto vertę, t. y. didinant turto savininko turtą;
- pajamų iš būsimo nekilnojamojo turto pardavimo forma.

2. Nekilnojamojo turto vertės ypatybės:

- Materialusis turtas

Vienas iš būdingiausių nekilnojamojo turto bruožų, išsiskiriančių iš kitų rūšių yra lankstumas ir nelankstumas. Tai reiškia, kad galima matyti savo investicijas, paliesti arba

net apsilankyti, tačiau galimybės jas perkelti iš vienos vietos į kitą - nėra, nepažeidžiant ar keičiant pagrindų. Be to, kaip teigia Wolchyuk (1999), yra tam tikra fizinė investicijų kontrolė, kuri leidžia valdyti turtą ir pašalinti jo trūkumus.

- Įvairiapusiškas turtas

Kitas svarbus nekilnojamojo turto bruožas yra įvairiapusiškumas. Tai reiškia, kad nėra dviejų identiškų savybių, nes atskiros savybės paprastai yra suskirstytos į geografines ir sektorių rinkos dalis. Sektorių rinkos skirstomos į nuosavybę pagal jų paskirtį, pvz., mažmeninę prekybą ar pramonę. Geografinėse rinkose yra skirtumų tarp jų buvimo vietos. Vieta yra pagrindinis nekilnojamojo turto investicijų aspektas, nes nekilnojamas turtas paprastai būna įvairus, priklausomai nuo šalies, regiono ar netgi vienos vietos.

Dėl geografinių ir sektorių rinkos segmentų nekilnojamojo turto įvairiapusiškumui trūksta centrinės rinkos, kaip teigia Hilbers, Zacho ir Lei (2001). Net jei turime du biurų pastatus su vienodomis techninėmis charakteristikomis, bent jau jie skiriasi savo buvimo vieta. Nekilnojamojo turto nevienalytiškumas yra veiksnys, lemiantis didelį pajamų skirtumą tarp skirtingų tos pačios rūšies turto vienetų net viename regione.

- Valdymo poreikis

Nekilnojamas turtas, skirtingai nuo kitų turto, turi būti profesionaliai valdomas, kad atneštų pajamas. Pelningumo lygis iš esmės priklauso nuo valdymo efektyvumo. Iš čia seka dvi išvados.

1. Daugumai investuotojų nekilnojamas turtas kaip investicijų objektas yra gana sudėtingas turtas.

2. Investuotojams, turintiems pakankamai žinių apie nekilnojamojo turto valdymą, nekilnojamas turtas gali būti pageidaujamas investicijos objektas, leidžiantis gauti daugiau pajamų ir kontroliuoti turtą.

- Kainodaros savybės

Akcijų rinkos kainos yra tiesioginės pastarųjų vertybinių popierių sandorių, visų pirma įmonių, pasekmės. Kainos nekilnojamojo turto rinkoje yra nekilnojamojo turto vertinimo ir sandorio šalių derybų rezultatas.

- Investuotų lėšų sauga

Nekilnojamasis turtas investuotojui suteikia daugiau garantijų investuotų lėšų saugumui. Žemė - nesugriaunama (jei neatsižvelgiama į galimą jo kokybės pablogėjimą). Pastatai ir konstrukcijos yra patvarios konstrukcijos. Tuo pačiu metu nuosavybės išsaugojimas gali reikalauti papildomų pastangų (pavyzdžiui, draudimas).

- Pajamų saugumas nuo infliacijos

Nekilnojamasis turtas yra daugiau nei kiti turtai, apsaugotas nuo infliacijos. Per nuomą ar kainą (kuri yra tam tikru mastu gaunama iš nuomos) infliacija perkeliama į pajamas, kad pajamos augtų kartu su infliacija.

- Mažas likvidumas

Nekilnojamasis turtas yra turtas, turintis palyginti mažą likvidumą. Nekilnojamojo turto pardavimas gali užtrukti iki 90-120 dienų, tinkamai įvertinus galimą kainą, o jei kaina yra pernelyg didelė, šis laikotarpis gali būti daug didesnis. Likvidumo problemą iš dalies gali išspręsti tinkama kainų politika, kuri apima ir tinkamą kainų lygį, ir pardavimo laiką. Svarbu, kad, turint bendrą aukštą kainų lygį ir teigiamą rinkos plėtrą, netgi santykinai nedidelis kainų sumažėjimas gali paspartinti nekilnojamojo turto pardavimo procesą, o pasyvioje rinkoje netgi reikšmingas sumažėjimas gali neturėti poveikio.

Neatsižvelgiant į tokius nekilnojamojo turto vertybinius popierius kaip REIT, centrinės nekilnojamojo turto rinkos nebuvimas trukdo dideliame prekybos lygiui šioje rinkoje. Žemą šios rinkos likvidumą lemia keletas veiksnių. Vienas iš jų yra nedidelis sandorių dažnumas dėl didelių investavimo išlaidų. Kitas aspektas yra ilgai trunkantis kainų nustatymo procesas, kuriam reikalinga tam tikra kompetencija. Taip pat nekilnojamojo turto pardavimas gali būti ilgalaikis procesas, turintis didelį vėlavimą tarp sprendimo parduoti turtą ir faktinio turto įsigijimo.

- Didelės sandorių išlaidos

Tiesioginės investicijos į nekilnojamąjį turtą siejamos su didelėmis sandorių išlaidomis, susijusiomis su sėkmingu prekybos sandoriu. Pagal Wolchyuk, (1999) prekybos išlaidas sudaro nekilnojamojo turto agentų komisiniai, advokatų mokestis, tarpininkavimo mokestis, inžinierių mokestis ir kt.. Šie mokesčiai naudojami vertinant,

nuomojant, parduodant ar perkant. Be to, reikia atsižvelgti ir į galimas būsimas techninės priežiūros išlaidas.

- Ilgaamžiškumas

Nekilnojamas turtas taip pat pasižymi ilgaamžiškumu, kurio amžiškumas nėra iš anksto nustatytas ir gali būti daugelį dešimtmečių, priklausomai nuo jo priežiūros kokybės. Todėl investicijos į nekilnojamąjį turtą paprastai neturi jokio ilgalaikio termino ir investuotojų ilgalaikio pajamų srauto (Investologija.lt 2015).

- Ciklų aktyvumas

Daugeliu atvejų investicijos į nekilnojamąjį turtą yra susijusios su neigiamais pinigų srautais nekilnojamojo turto gyvavimo ciklo pradžioje - kuriant objektą, tada, kai turtas yra išnuomotas, jie transformuojami į teigiamą, o ne objekto gyvenime jie vėl tampa neigiami. Nekilnojamojo turto pardavimas suteikia dar vieną teigiamą pinigų srautą.

Turint nemažai reikšmingų savybių, palyginti su kitų rūšių turtu, nekilnojamas turtas gali būti laikomas viso investicijų portfelio dalimi, leidžiančia sumažinti bendrą portfelio riziką dėl jos tiesioginio ryšio su realiaja ekonomika ir kaip nepriklausomas pajamų generavimo turtas (Bikas ir Laurinavičius, 2009).

- Pasiūlos nelankstumas

Nekilnojamojo turto pasiūlos nelankstumą galima paaiškinti kaip nesugebėjimą greitai reaguoti į paklausos pokyčius ir apskritai į dabartinius ir būsimus ekonominius pokyčius. Todėl nėra tikslios rinkos kainos, atitinkančios pusiausvyros kainą tarp paklausos ir pasiūlos. Tokia pusiausvyros kaina apskaičiuojama kaip tikėtinos būsimų pajamų srauto diskontuota dabartinė vertė ir yra realizuojama tuo atveju, jei ši rinkos kaina yra lygi turto keitimo kainai. Kai turto kaina yra didesnė už keitimo išlaidas, bus pradėta statyti nauja statyba. Tačiau statybos užbaigimo metu paklausa gali pradėti mažėti arba atsirasti naujų konstrukcijų, kurios viršys laisvą limitą, o pusiausvyra nebus pasiekta (Hilbers, 2005). Be to, statybos veiklą lemia išoriniai ekonominiai ciklai, susiję su BVP augimu, gyventojų skaičiaus augimu arba realiomis palūkanų normomis.

Anot Gasilionis ir Kasparavičius, (2006) nekilnojamojo turto rinkos objektas yra dalijamas į dvi kategorijas: gyvenamąjį ir komercinį nekilnojamąjį turtą, kurie pasižymi unikaliais požymiais (žr. 4 lentelę).

4 lentelė. Lyginamosios nekilnojamojo turto charakteristikos

(sudaryta autorės, remiantis Galinienė, 2004)

| | Gyvenamasis nekilnojamas Turtas | Komercinis nekilnojamas turtas |
|--|---------------------------------|--------------------------------|
| Ryšys „kredito dydis – vertė“ | Aukšta koreliacija | Žema koreliacija |
| Likvidumas | Didelis | Mažas |
| Priklausomybė nuo regioninės ekonominės situacijos | Maža | Didelė |
| Rizika | Maža | Didelė |
| Pagrindinis rinkos operacijų tipas | Pirkimas – pardavimas | Nuoma |
| Galimybė pritraukti finansavimą | Palyginti didelė | Palyginti maža |

Nekilnojamas turtas yra specialus produktas, nes jo savybės nėra būdingos kitoms prekėms. Nekilnojamojo turto rinka yra ryšys, susijęs su sandoriais su nekilnojamojo turto objektais (pardavimai, pirkimai, nuoma, įkeitimas ir pan.).

Kitos nekilnojamojo turto rinkos savybės (Kvedaravičienė 2012) :

- vietos nekilnojamojo turto rinkos pobūdis (galimų sandorių skaičiaus sumažėjimas dėl tam tikros vietos);
- visų žemės sklypų unikalumas (pritraukia kainų skirtumą);
- mažas nekilnojamojo turto likvidumas, palyginti su kitomis prekėmis (dėl būtinybės įtraukti sandorius į teisinės institucijas);
- didelių kainų ir pirkėjų finansinių galimybių neatitikimas, dėl kurio daugeliu atvejų reikia paskolos;
- kainų svyravimai dėl nepakankamo pardavėjų ir pirkėjų supratimo.

Apibendrinant galima teigti, kad nekilnojamojo turto rinkų sėkmę lydi šio sektoriaus charakteristikos bei savybės. Pagrindinės nekilnojamojo turto charakteristikos yra ekonominės, fizinės bei teisinės. Šios charakteristikos su savo privalumais ir trūkumais yra apibrėžiamos šiame skyrelyje.

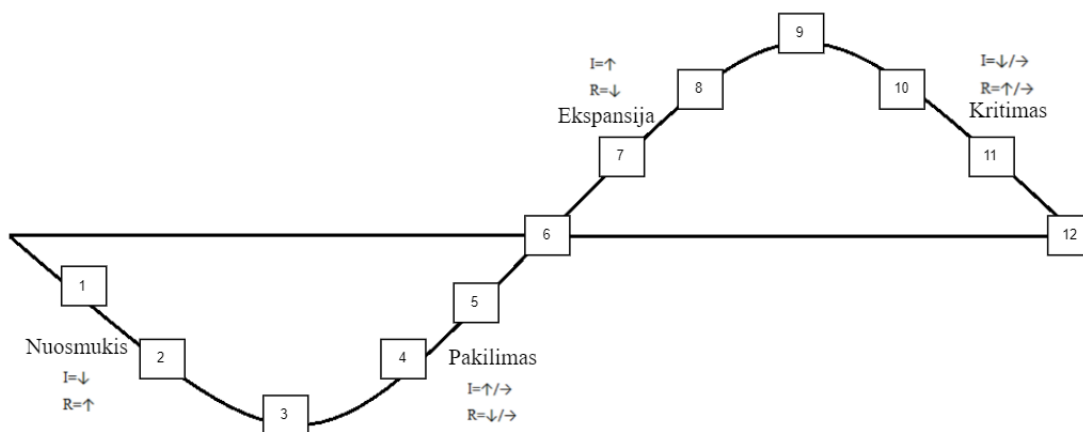
1.3. Nekilnojamojo turto rinkos ciklai

Mokslinėje literatūroje, švedų kilmės Witoldas Witkiewicz (2002) savo publicistiniame straipsnyje, apibūdina nekilnojamojo turto rinkos ciklus kaip reiškinius, kurie yra pasikartojantys ir su periodiškumu. Savo straipsnyje minint tai, kad Lietuvos

mokslininkai būsto rinkos ciklą analizėje naudojo Hodrick-Prescott modelį, skirtą skaičiuoti cikliniam rodikliui gaunama iš Ober-Haus nominalaus kainų indekso laiko eilutės (Witkiewicz, 2002). Kitas žymus mokslininkas, Kinga Korpacz rašė, kad nekilnojamo turto ciklai vyrauja tiek komercinės, tiek gyvenamųjų paskirties rinkose.

Mikroekonominiai modeliai, apibrėžia priežastis, kodėl nekilnojamojo turto ciklo kintamumas ir vystymasis susiejami kartu. Makroekonominiai modeliai nurodo priešingai, kad nekilnojamojo turto ciklo kaita ir ekonominio ciklo svyravimas yra skirtingi reiškiniai.

Nekilnojamo turto rinkos, kaip ir verslo, ciklai susideda iš keturių fazių: ekspansija, pikas, nuosmukis, sąstingis (Galiniene, Marčinskas ir Malevskienė, 2006). Ir kilimo, ir kritimo veikimas užtrunka apie 5-6 metus (žr. 3 pav.).



3 pav. **Nekilnojamojo turto rinkos ciklo grafikas**
(Šaltinis: Korpacz, 2008)

Ciklas suskirstytas į 12 taškų. Iš kurių 2 parodo balanso ir pusiausvyros situaciją. Šiame paveiksle I – pajamos, R – Palūkanų norma. Kaip matome iš paveikslo, palankiausias laikotarpis įsigyti nekilnojamąjį turtą, žymimas 3-4 (kvadratais), o geriausias metas pardavinėti nekilnojamąjį turtą, žymima 8-9 (kvadratais) (Korpacz, 2008).

Pasak Kinga Korpacz (2008), paveiksle parodomas keturios ciklo fazės, ir rodomas kintamumas pajamų bei palūkanų normos. Pavyzdinis atvejis, kai ekspansijos momentu pajamos didėja, tačiau palūkanų norma krenta. Skirtinguose ciklo etapuose vyrauja skirtingos priežastys bei kintamieji dėl kurių ciklas kinta. Standartiškai yra nusistovėję keletą pagrindinių kintamųjų: pasiūla, paklausa, nuoma, vertės poveikis.

Galima dar išskirti keletą indikatorių, kurie taip pat kinta esant skirtingoms nekilnojamojo turto rinkos ciklo fazėms. Nuosmukio momentu, neužstatytas plotas didėja, kilimo metu – nėra augimo, o augimo metu sumažėja iki mažiausio. Maksimalus pelningumo lygis nuosmukio laiku didėja, augimo metu yra stabilus su pakankamai aukštu nusistovėjusiu lygiu, augimo metu vyrauja teigiamas augimas. Dar vienas itin svarbus indikatorius palūkanų norma, kuri nuosmukio metu yra aukšta, kilimo metu – sumažėja, augimo metu – nusistovėjus žema. Mokslinėje literatūroje, vyrauja indikatoriai, kurie stipriai daro įtaką nekilnojamojo turto ciklams. Indikatoriai suskirstyti į grupes: nacionalines ir vietines (Pumpūt ir Šliogerienė, 2014).

Mokslinėje literatūroje Cohen, 2012 teigia, kad gali būti abipusis ryšys, kylant nekilnojamojo turto kainoms, kyla ir nuomos kainos.

Susisteminant ir apibendrinant teoriją apie nekilnojamojo turto ciklus galima teigti, kad ciklas tai kartojantis kainų svyravimas. Nekilnojamojo turto rinkos ciklai susideda iš keturių fazių: nuosmukis, pakilimas, ekspansija, kritimas (Korpacz, 2008).

1.4. Faktorai, turintys įtaką nekilnojamojo turto rinkai

Pasak Lietuvos banko atliktų analizių (2018), vidiniai, ekonominiai faktoriai, turintys įtakos nekilnojamojo turto rinkai yra šalies ekonominė situacija (BVP), nedarbas, infliacija, palūkanų norma, investicijų įvairovė, migracijos dažnis, statybų paklausa.

5 lentelė. **Ekonominių faktorių keliama įtaką nekilnojamojo turto rinkai**

(sudaryta autorės, remiantis Hall, 2004)

| Ekonominis faktorius | Įtaka nekilnojamojo turto rinkai |
|----------------------|--|
| BVP | Didėjant BVP, didėja ekonominis stabilumas, kuriama naujų investicinių projektų ir tai skatina plėstis nekilnojamojo turto rinkai. |
| Nedarbas | Didėjantis nedarbas, mažina žmonių galimybes nusipirkti. |
| Infliacija | Didėjant infliacijos lygiui auga nekilnojamojo turto rinkos dalyvių pajamos ir išlaidos bei mažėja investicijų poreikis į nekilnojamojo turto rinką. |
| Palūkanų norma | Didėjanti palūkanų norma svarbi kaip didėjanti kaina, kurią reikia mokėti už nekilnojamąjį turtą įsigyjant jį dabar, o ne ateityje. |
| Investicijų įvairovė | Investicijos iš užsienio šalių didina nekilnojamojo turto rinkos patrauklumą. |
| Migracijos dažnis | Didėjanti imigracija ir mažėjanti emigracija, didina šalies gyventojų skaičių ir didina nekilnojamojo turto rinkos projektų paklausą. |

Išoriniai faktoriai, turintys įtakos Europos Sąjungos ir Lietuvos nekilnojamojo turto rinkai yra karas Sirijoje, ir į Europą atėjusi terorizmo banga, pabėgėlių krizė, nekilnojamojo turto energinės klasės normatyvai bei didėjantis gyventojų skaičius pasaulyje (Švogžlys ir Chlivickas, 2016).

Pabėgėlių krizė – nerimo priežastys įvardijamos kaip didelis atvykėlių skaičius į šalį, elgetavimas, „pasisavinimas“ kito nuosavybe (apgyvendinimas pas šalies gyventojus).

Neramumai Ukrainoje – Europos Sąjungos sektoriams geriausiai iliustruojamas veiksnys Rusijos prekių embargas. Didėjantis gyventojų skaičius pasaulyje – populiacijos gausa didins statinių intensyvumą ir tankumą miestuose, kai pastatai bus statomi arčiau vieni kitų.

Apibendrinus galima teigti, kad nekilnojamojo turto rinką veikia gausa faktorių, indikatorių, nuo kurių priklauso rinkos būseną. Vieną iš didžiausių poveikį darantis faktorius yra ekonominis, kurio sudedamoji dalis susideda iš nedarbo, pajamų lygio, infliacijos, palūkanų normos. Taip pat ir išoriniai veiksniai, paveikia nekilnojamojo turto rinką, tačiau kitais aspektais, tokiais kaip karai, pabėgėlių krizės.

1.5. Nekilnojamojo turto rinkos ypatumai

Nekilnojamojo turto rinkos tyrinėjimuose stiprus dėmesys yra nukreipiamas į komercinius nekilnojamojo turto rodiklius ar investicinius nekilnojamojo turto fondus, analizuojant įvairias priklausomybes tarp kintamųjų. Investuotojams priklausanti nekilnojamojo turto nuosavybė nėra paprastai apibrėžiama. Tokių indeksų ar fondų elgesį modeliuoja ekonometriniai metodai, pagal kuriuos yra vertinamas nekilnojamojo turto pelningumas įvairiems makroekonominiams ir finansiniams kintamiesiems tokiems kaip palūkanų ar kapitalo vertinimo normos (Simanavičienė ir Keizerienė, 2011). Šios priemonės yra potenciali nekilnojamojo turto skaičiavimo metodika, kuriose rizika apskaičiuojama, tikėdamasi gauti didžiausią galimą grąžą. Tai sąlygoja nekilnojamojo turto grąžos didinimo būdų paieškas, siekiant gauti didesnę naudą iš investicijų ir užtikrinti maksimalią grąžą. Vienos aktualiausių diskusijų, vyraujančių pastarųjų dešimtmečių mokslinėje literatūroje yra kaip gauti didžiausią naudą iš investicijų. Nekilnojamojo turto investicijos aktualios ne kiekvienam investuotojui, nes tai stipriai atsigręžiama į investicijų riziką. Būdų investuoti į nekilnojamąjį turtą yra ne vienas. Pagrindinis ir didžiausią grąžą nešantis yra investicijos į nekilnojamojo turto fondus. Tokia investavimo strategija turi privalumų ar trūkumų, grįstų naudingumu. Tokios diskusijos skatina analizuoti ir nagrinėti investicijų grąžą bei naudingumą, jų rinkas bei struktūras siekiant ieškoti tinkamai jas įvertinančių būdų bei metodų, kurie leistų pamatyti ne tik jų trūkumus ir privalumus, bet ir galimybes maksimizuoti grąžą. Tuo tikslu pirmame šio skyriaus poskyryje analizuojami investicijų į nekilnojamąjį turtą naudingumo bei rinkos klausimai, pristatomos investicijų į nekilnojamąjį turtą ištakos, tikslai, sisteminamos įvairių autorių nuomonės.

Dabartinė situacija pasaulio finansų rinkose parodo, kad investuotojai, norintys uždirbti maksimalaus pelno, investuoja į nekilnojamojo turto sektorių. Šiuo metu mažos palūkanų normos investuotojams žada padorų pajamų srautą, kuris užtikrins investicijas ilgalaikėje perspektyvoje. Tačiau tokių investicijų savybės yra mažas likvidumas, reikšmingos sandorių sąnaudos ir dabartiniams verslo ciklų jautrumas. Lyginant su kitais rinkoje egzistuojančiais vertybiniais popieriais tokiais kaip akcijomis ir skolos vertybiniais popieriais obligacijomis, nekilnojamasis turtas neturi didelio likvidumo. Kai kuri nekilnojamojo turto rūšis yra likvidi, padidėjus tokio turto paklausai rinkoje. Pastarosios tendencijos skatina investicijų portfelių pusiausvyrą, siekiant didesnio nekilnojamojo turto kapitalo ir mažesnės rizikos. Porteliuose dažnai figuruoja arba akcijos arba obligacijos, nekilnojamasis turtas nėra vienas pagrindinių portfelių elementų. Svarbu, kad investuotojai žinotų savo portfelio sąžiningą, einamąją kainą ir sugebėtų įvertinti įvairius aspektus, susijusius su jo plėtra, siekiant apsaugoti nuo žalingų nuostolių ir netikėtų rinkos svyravimų. Pastaruoju metu portfelių valdymas yra vienas populiariausių tarp ekonomistų ir finansų analitikų, kurie naudoja įvairius statistinius ir ekonometrinius modelius, derindami skirtingus finansinės teorijos aspektus, interesus, siekiant optimizuoti ir prognozuoti nekilnojamojo turto veiklos rezultatus.

Nekilnojamojo turto portfelių valdytojams svarbiausias uždavinys yra ryšio suderinamumas tarp investicijų grąžos ir su jais susijusių rizikos veiksnių. Nors rodikliai suteikia labai informatyvų vaizdą apie rinką arba apie konkretaus nekilnojamojo turto fondo veiklą, tačiau turi ribotą informaciją dar tiksliau įvertinti ir užfiksuoti rizikos grąžos santykius. Galima išvelgti keletą trūkumų:

- Pirma, jos pačios neatitinka paties rodiklio šališkumo, nes nekilnojamojo turto rodikliai nėra kintamieji, kurie yra stebimi nuolat. Jie yra sukonstruoti iš pasirinktų savybių, kurie yra tinkami surinkti pagal tam tikrus reikalavimus. Tai reiškia, kad jie yra iškreipti pagal įvairias savybes, iš kurių jie sudaromi. Mokslinėje literatūroje Peng (2008) taip pat nurodo, kad rodikliai dažnai apima vienaarūšes savybes ir todėl skirtumai sudaromi iš nepakankamai įvairiapusių rizikos veiksnių. Tačiau iš tikrųjų ekonominėje plotmėje rinka, kurioje nekilnojamasis turtas sudaromas iš daugiau nei vienos rūšies investicijų.
- Antra, kyla problema, susijusi su rizika, lyginant su skirtingų kintamųjų turtinti rizika. Rodiklis apjungia daugybę savybių ir atsirandančią riziką lemia santykiai tarp savybių, dėl kurių kai kuriais atvejais gali vienas kitą panaikinti arba atvirkščiai sustiprinti vienas kitą. Šią problemą aprašė

Fisher, 1992 savo publikacijose, kurie lygina nekilnojamojo turto investicijų vidinę gražos normą (IRR) su vidutine NCREIF (Nacionalinės nekilnojamojo turto investicijų tarybų tarybos) komercinio nekilnojamojo turto rodiklio graža. Jie laikui bėgant reikšmingai skiriasi.

Apibendrinant galima teigti, kad nekilnojamojo turto investicijos aktualios ne kiekvienam investuotojui. Vienas iš būdų investuoti į nekilnojamąjį turtą ir didžiausią gražą nešančios investicijos yra į nekilnojamojo turto fondus. Tokia investavimo strategija turi privalumų ar trūkumų, grįstų naudingumu.

1.6. Nekilnojamojo turto vieta investicijų sistemoje

Mokslinėje literatūroje nekilnojamasis turtas apibrėžiamas kaip vienas svarbiausių elementų ekonomikoje, kuris veikia kaip gamybos priemonė. Nekilnojamasis turtas yra piliečių asmeninės egzistencijos pagrindas ir yra ekonominio aktyvumo ir visų nuosavybės formų įmonių ir organizacijų plėtros pagrindas. Šiuolaikinėje ekonomikoje vyksta aktyvus nekilnojamojo turto rinkos kūrimas ir plėtra, vis daugiau piliečių, įmonių ir organizacijų dalyvauja nekilnojamojo turto sandoriuose.

Sėkmingai vystantis nekilnojamojo turto rinkoms atitinkamai poveikį daro tam tikros savybės. Daugelis šių savybių yra naudingos investuotojams, kuriems reikalingas stiprus rinkos suvokimas. Anot Biko ir Laurinavičiaus A. (2009) nekilnojamasis turtas turi investicinę vertę. Priežastys apibrėžiamos lentelėje (žr. 6 lentelę).

6 lentelė. **Investicinės vertės priežastys**
(sudaryta autorės pagal Biką ir Laurinavičių, 2009)

| Priežastis: | Apibūdinimas |
|--|---|
| Mokesčių lengvatos | Jei palūkanos už būsto paskolą yra didesnės nei pajamos, gaunamos iš jo nuomos, skirtumą leidžiama išskaityti iš apmokestinamųjų pajamų. |
| Mokestis, kuris netaikomas kapitalo prieaugiui | Visų kitų aktyvų vertės prieaugis jų pardavimo metu yra apmokestinamas. |
| Investicinis svertas | Bankai suteikia paskolas būstui įsigyti. Tai leidžia nedidele nuosavų lėšų dalimi susikurti didžiulę investiciją. Pradinė įmoka už būstą dažnai siekia vos 5–10 % jo vertės, o nuo tolesnių paskolos gražinimų galima atsiriboti prielaida, kad būstas išnuomojamas ir gautų pajamų užtenka padengti periodinėms įmokoms. |
| Nusidėvėjimo išskaitymas iš pajamų | Iš apmokestinamųjų asmens pajamų leidžiama išskaityti gyvenamojo būsto nusidėvėjimą. |

Vertinant lentelėje pateiktas priežastis galima teigti, kad nekilnojamojo turto investicinė vertė didesnė nei lūkesčiai. Taip pat išanalizavus daugiau mokslininkų atliktų

tyrimų, prieita išvados, kad apdraudimas investicijų labai skiriasi, kuomet investicijos į vertybinius popierius yra mažiau apdraustos nei investicijos į būstą (Sun, Zheng and Liu, 2004). Sėkmingai vystantis nekilnojamojo turto rinkoms atitinkamai poveikį daro tam tikros savybės. Daugelis šių savybių yra naudingos investuotojams, kuriems reikalingas stiprus rinkos suvokimas.

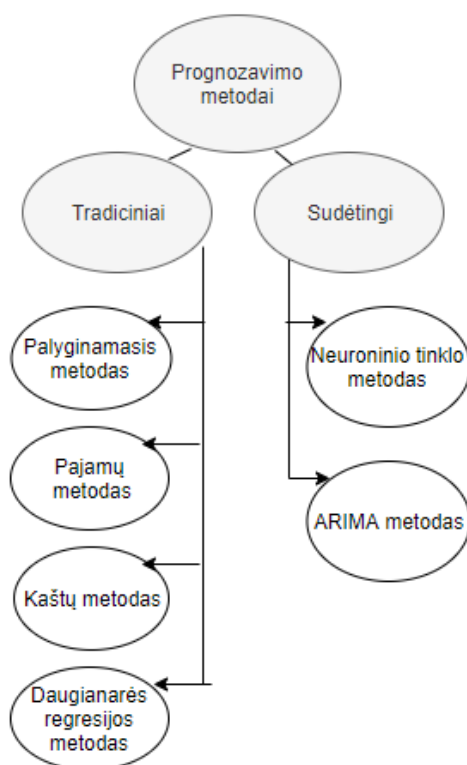
Apibendrinant galima teigti, nekilnojamojo turto rinka. Nekilnojamojo turto vystymas ir valdymas yra viena svarbiausių ekonominio augimo ir pastovaus plėtojimo veiksnys.

1.7. Vertinimo metodikos analizė

Mokslinėje literatūroje nekilnojamojo turto rinkos efektyvumui vertinti taikoma daugybė ekonometrinių bei statistinių metodų. Pagrindiniai metodai yra tie, kuriais vertinamas tik finansinis ir ekonominis projekto efektyvumas, tačiau šiais metodais neužtenka apsisistoti, reikia vertinti kitus veiksnius, veikiančius investuotojų sprendimus (Ginevičius, Zubrecovas ir Ginevičius, 2009).

Nekilnojamojo turto kainų prognozavimo metodai yra skirstomi į tradicinius ir pažangius. Šie modeliai klasifikuojami į submodelius.

7 lentelė. **Prognozavimo metodų skirstymas**
(sudaryta autorės pagal Mitrea, Lee ir Wu, 2009)



Prognozavimo tradiciniai metodai dažnai paplitę įvairiuose moksliniuose tyrimuose. Tai paprasčiausias būdas atlikti išsamią nekilnojamojo turto rinkos analizę pasitelkiant

nekilnojamojo turto kintamuosius. Tačiau sudėtingesnius prognozavimo metodus daugelis nepradeda net gilintis, analizuoti, nes tai atima daug laiko. ARIMA metodas taikomas kiek plačiau nei neuroninio tinklo metodas. Kadangi neuroninius tinklus vėliausiai pradėta taikyti, tai kaip viena iš inovatyvių naujovių, kuri ne kiekvienam pasiekama.

Sutelkti dėmesį į vieną iš sudėtingųjų prognozavimo metodų – neuroninio tinklo metodas. Šį modelį pasirinkau todėl, nes yra labai efektyvus, kuris sugeba iš turimų informacijos kiekių mokintis ir ką išmoko pritaikyti atliekant prognozę. Tai itin retas metodas, kurį taiko nekilnojamojo turto kainų prognozei, tačiau po truputį ši alternatyva atsiranda šiuolaikiniame pasaulyje. Pavyzdys, naudojami butų pirkimo, pardavimo naršyklės bei socialiniai tinklai kiekvieną dieną generuoja neuroninį tinklą, pagal kiekvieną paspaudimą numato kas vartotojui reikalinga ir kuo jis domisi.

Moksliniuose tyrimuose vyrauja hedoninių kainų nustatymo metodai (HPM), naudojant įvertinti gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto (Balk, De Haan and Diewert, 2011). HPM remiasi prielaida, kad prekės paprastai parduodamos kaip būdingų savybių paketas ir jų numanomos kainos atributai gali būti apskaičiuoti pagal pastebėtas diferencijuotų produktų kainas ir specifines su jais susijusių savybių kiekius (Rosen 1974).

Mokslinėje literatūroje atlikta nemažai skirtingų metodų palyginimų siekiant išsiaiškinti rezultatus. Pagal Azbainis ir Rudzkiene (2011) atliktą tyrimą, pagrindiniai veiksniai nustatantys nekilnojamojo turto rinkos kainas yra fundamentalieji. Būsto kainoms didelę įtaką daro bankų priimtinos sąlygos gauti paskolas, o nekilnojamojo turto rinkos dalyvių užtikrinamumą nustato paskolų mažos palūkanų normos. Tuo tarp Venclaukienė, Snieška ir Vasiliauskienė (2011) nustatė, kad nekilnojamojo turto kainų dydį lemia mikroekonominiai, makroekonominiai veiksniai. Taip pat Simanavičienė, Žalgirytė ir Keizerienė (2012) išanalizavus nurodė, kad tik makroekonominiai faktoriai atspindi butų kainas. Senų butų kaina atspindi: BVP, infliacija ir renovacijų išlaidos. Naujų butų kainas - BVP ir infliacija (Greef ir Haas, 2000).

Labai svarbų poveikį nekilnojamojo turto rinkai daro rinkos ciklai, tai kainos svyravimai. Atlikus Lietuvos, Latvijos ir Estijos nekilnojamojo turto ciklų analizę, buvo pastebima, kad prieš krizę 2006 metais butų kainos buvo perdėtai aukštos, palyginti su gyventojų pajamomis, tuomet rinkos dalyviai ėmė paskolas būstui, kurios buvo patrauklios su maža palūkanų norma. Daug tyrinėjimų buvo atlikta tiriant fundamentalius faktorius. Daugiausia dėmesio skiria nekilnojamojo turto rinkos ir finansų sektoriaus sąsajos (Hilbers, Zacho ir Lei, 2001). Nagrinėjamas REIT (nekilnojamojo turto

investicijų patikimumumo) grąžos ir infliacijos santykį, bandoma išsiaiškinti ryšį tarp REIT grąžos, monopolinės politikos ir infliacijos naudojant vektorinį modelį. REIT grąžos yra jautrios palūkanų normai. Šių rodiklių ryšį galima paaiškinti pinigų politikos ir infliacijos sąveika, nes REIT grąžą veikia pinigų politikos pokyčiai. Rezultatai rodo, kad REIT grąža numato tikėtinos ir netikėtos infliacijos pokyčius. Kadangi REIT grąža yra glaudžiai susijusi su nekilnojamojo turto kainomis, galima tikėtis panašaus santykio tarp nekilnojamojo turto kainų ir analizuotų veiksnių.

Nekilnojamojo turto valdytojams svarbu išanalizuoti nekilnojamojo turto rinkas dėl tokių priežasčių: investuojant lėšas į dar tik projektuojamus objektus, turima žinoti tiksli ir patvirtinta prognozė (BVP, krizės tikimybė), statybų sąnaudų analizė. Nekilnojamojo turto rodiklių prognozės leidžia sumodeliuoti adekvatų poveikį ūkiui (Mačernytė, 2011).

8 lentelė. Egzogeniniai kintamieji

(sudaryta autorės pagal Mačernytę, 2011)

| Kintamasis | Kintamojo apibūdinimas |
|---------------------------------|--|
| BVP | Gamintojų rezidentų sukurta bendroji pridėtinė vertė. |
| Statybos sąnaudų kainų indeksas | Statistinis rodiklis, rodantis statybos sąnaudų kainų pasikeitimą per tam tikrą laikotarpį |
| Tarpbankinės palūkanų normos | Vidutinės tarpbankinių palūkanų normos, kuriomis šalių komerciniai bankai pageidauja paskolinti lėšų kitiems bankams nacionalinėmis valiutomis |
| Vidutinis darbo užmokestis | Darbuotojo vidutinis darbo užmokestis, atskaičius mokesčius. |
| Apartamentų kainos | Vidutinė apartamentų kaina EUR/kv.m. |
| Būsto paskolos palūkanų norma | Būstui išduotų paskolų palūkanų norma. |
| Sandorių skaičius | Sudarytų nekilnojamojo turto sandorių skaičius. |

Vystymasis, investavimas, skolinimas ir tarpininkavimas priklauso nuo turto vertės nustatymo naudojant išorinius faktorius vertinimui arba kuriant vidinius vertinimo modelius įvairiomis programomis. Turto vertės įsipareigojimas yra esminis nekilnojamojo turto sektoriui, nes jis naudojamas nustatyti tiek sandorių kainas, tiek skolinimo ribas. Vertė paprastai apskaičiuojama derinant pinigų srautų modelius, kuriuos lemia viršutinės ribos, ir santykinį vertinimą, pagrįstą palyginamais naujais pardavimais. Mašininis mokymasi ir prognozuojamosios analizės priemonės turi potencialių savybių nekilnojamojo turto bei jo vertinimo procesui. Mašininis mokymasis yra duomenų analizės metodas, automatizuojantis analitinio modelio kūrimą.

Nekilnojamojo turto rinka susiduria su kasdieniniu kainų svyravimu dėl koreliacijos su daugeliu kintamųjų, iš kurių daugelis negali būti kontroliuojami arba netgi nežinomi. Naudojantis teoriniais aspektais, bus sukuriama mašininio mokymosi programa, kuri galėtų atpažintų galimybes nekilnojamojo turto rinkos realiu laiku, t rinkos kaina. Ši

programa gali būti naudinga investuotojams, kurie domisi būsto rinka. Šiai programai sukurti reikalinga analizė, algoritmai, įskaitant regresijos medžiai, pagalbiniai vektoriniai ir neuronų tinklai, nustatantys privalumus.

Mokslinėje pasaulio literatūroje, tradiciniai modeliai, naudojami nekilnojamojo turto vertinimui ar įvertinimui, remiasi hedonine regresija (angl. hedonic regression), kuri atskiria kiekvieną turtą į jos sudedamąsias savybes, kad galėtų nustatyti ryšį tarp kiekvieno iš jų ir turto kainos (Bonnet, 2012). Modelis gali būti sukurtas su hedonine regresija tada, jei naudojamojo nekilnojamojo turto kaina ir savybės yra žinomos iš anksto.

Plačioje nekilnojamojo turto analizių spektre, kai kurie mokslininkai bandė įvertinti nekilnojamojo turto rinkos būseną naudojant duomenis, kurie gaunami iš paieškos užklausų ir naujienų. Tokiais atvejais dažnai naudojama būsto indekso kaina (HPI-house price index), kad būtų galima nustatyti tokios rinkos status ir būseną. Pavyzdžiui, Brynjolfsson ir Wu (2015) atlikta hipotezė, kuri ieško indeksų susijusių su pagrindinėmis JAV būsto sąlygomis, rėmėsi duomenimis, gautais iš „Google Trends“, taip pat būsto rinkos rodikliais patikrinti šią hipotezę. Autoriai teigia, kad tradicinis prognozavimas dažnai remiasi metinėmis ataskaitomis, finansinėmis ataskaitomis, vyriausybės duomenimis, pateiktais statistiniais duomenimis dažnai skelbiama dideliu vėlavimu ir nepateikiama pakankamai duomenų. Mokslininkų hipotezė sukurta, naudojant autoregresinį modelį. Nuspręsta prognozuoti nekilnojamojo turto (namų, butų) pardavimus naudojant internetinę paiešką, taip pat būsto kainų indeksą ir paklausą.

Galiausiai, kai kurie autoriai rėmėsi mašininio mokymosi metodų naudojimu vertindami arba prognozuodami komercinio nekilnojamojo turto kainą. Tai yra Park ir Kwon (2014) išanalizuoti atvejai, išanalizuoti 5359 namų duomenys, Virdžinija (JAV), iš įvairių duomenų saugyklų. Šis turtas turėjo 76 savybes, iš kurių 28 buvo atrinktos po filtravimo naudojant t-testą ir logistinę regresiją. Šešiolika šių funkcijų yra fizinės savybės, nurodant miegamųjų ir vonios kambarių skaičių, židinių skaičių, bendrą plotą, aušinimą ir šildymo sistemas, automobilių stovėjimo aikšteles.

Vienas iš pagrindinių nekilnojamojo turto rinkos modelių, kurio pradininkas (Sims 1980), siūlo ekonomiką konstruoti naudojant vektorinės autoregresijos modelį (Mačernytė 2011). Procesas Y , tenkinantis išraišką:

$$Y_t = c + \sum_{i=1}^p A_i Y_{t-i} + \varepsilon_t, p > 0 \quad (1)$$

9 lentelė. Vektorinės autoregresijos modelio kintamieji

(sudaryta autorės pagal Mačernytę, 2011)

| Kintamasis | Apibūdinimas |
|-----------------|---|
| VAR(p) | p-eilės vektorine autoregresija |
| Y_t | Apibrėžia nukrypimus nuo regresijos tiesės, procesas |
| A_i | Koeficientų matrica |
| Y_{t-i} | Endogeninis kintamasis, būstų kainos, būsto paskolos palūkanų norma, sandorių skaičius ir kt. |
| p | Autoregresijos eilė |
| ε_t | Atsitiktiniai dydžiai |
| c | Konstanta |

Toliau bus skaičiuojamas VAR (p) pagal Bajeso kriterijų (toliau - SC):

$$SC(i) = \ln \left| \sum_v^i (i) \right| + \frac{\ln T}{T} in^2 \quad (2)$$

Naudojant VAR modelį reikalinga išanalizuoti nagrinėjamų kintamųjų stacionarumą ir tik tada nagrinėti bei tikrinti ryšius tarp tokių transformuotų kintamųjų. Modelį naudojant tiek egzogeninius tiek endogeninius kintamuosius. Analizuojamų lygčių koeficientai yra reikšmingi esant bent 10 % reikšmingumo lygmeniui.

Tradiciškai nekilnojamojo turto vertinimuose dominuoja trys modeliai: pardavimo palyginimo metodas, sąnaudų metodas ir pajamų kapitalizavimo metodas. Neseniai palyginimo metodei automatizuoti, buvo panaudota hedoninė kainodara (daugiakriterinė regresinė analizė (toliau - MRA)). Tačiau abiejų šių metodų grupės buvo kritikuojamos. Pirmoji grupė naudoja subjektyvius sprendimus, o MRA sukėlė problemų, atsiradusių įtraukiant išskirtines dalis. Tikrieji duomenys turi kelis klaidų ar netikslumo šaltinius, dėl kurių kyla sunkumų kuriant vertinimo modelius. Automatinio vertinimo metodika (AVM), naudojantys dirbtinius metodus, mašininį mokymąsi, buvo pasiūlyta kaip abiejų problemų sprendimas (Amato, 2007). AVM paprastai reikalauja analizės, faktorių darančių įtaką nekilnojamojo turto rinkų raidai.

Daugiakriterinė regresinė analizė (MRA) išlieka patikimiausiu automatizuoto vertinimo metodu, kuris buvo sėkmingai taikomas kuriant kainų indeksus Ženevoje, Šveicarijoje, nustatant nuomos vertes Bordo mieste, Prancūzijoje, paaiškinant Tel Avivo rinką (Amato, 2007). Tačiau MRA turi dvi žinomas problemas. Pirmą, metodas reikalauja, kad vertintojas pasirinktų tiksliausius palyginamuosius duomenis. Antra, tai reikšmingai

daro įtaką nuokrypių eigai. Įdomi mokslinių tyrimų kryptis buvo neuronų tinklų įtraukimas į AVM modelius, tačiau kelios kritikos buvo iškeltos. Algoritmas mokosi mokydamasis kai išsisaugoja savyje duomenis, algoritmus. Pagrindinis neuronų tinklų trūkumas yra tas, kad žinios saugomos tik kintamuosiuose, neturintiems tiesioginės reikšmės vertinimo procesui. Viena iš įdomiausių šios srities problemų yra išgalvotų taisyklių išgavimas iš apmokyto neuronų tinklų. Kai kurie mokslininkai teigė, kad NN yra geresnis už MRA, jei duomenų rinkinys yra didelis ir jei yra tinkamų parametrų. Vidutinė absoliuti paklaida, atsiradusi dėl neuronų tinklų modelio, buvo mažesnė (nuo 3,9 iki 6,9%) nei vidutinė absoliuti paklaida regresijos modelyje (nuo 7,5 iki 11,3%). Tačiau keli autoriai padarė tą pačią išvadą, kaip rezultatai skiriasi priklausomai nuo skirtingų neuronų tinklų modelių.

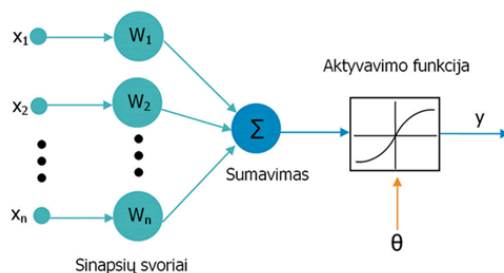
Apibendrinant galima teigti, kad nekilnojamojo turto evoliucija, ciklai ir kainų burbulas yra gausiai analizuojami, tačiau nėra bendros tyrimo metodologijos ir nėra prietaisai prie vieningos nuomonės. Kyla klausimas: kokie pagrindiniai veiksniai ir rodikliai, kurie sukelia ir skatina sunkiai valdomus nekilnojamojo turto ciklus bei burbulus bei kurie daro stiprią įtaką nekilnojamojo turto rinkai. 2009 metais buvo pasiektas kainų burbulo sprogdimas (Tupėnaitė ir Kanapeckienė, 2009). Ekonomika sustojo, bankai nebedavė nekilnojamajam turtui kreditų. Po šių metų ekonomika stabiliai auga. 2018 metai buvo ypač sėkmingi bankams. Anot Lietuvos banko atliktos metinės analizės, paskolų portfelis 2018 metų pabaigoje siekė +6,7 procentus, tai yra 19,9 mlrd. Eur. Kreditavimo apimtys didėjo keturis metus iš eilės. Itin staigūs nekilnojamojo turto rinkų pokyčiai visame pasaulyje, kainų šuoliai, jų įtaka šalių ekonomikoms yra svarbus šalių ekonomikos darinys. Nekilnojamojo turto rinkos teoriniams ir empiriniams tyrimams, analizėms taikoma įvairių modelių: kvadratų, ekonometrinių laiko eilučių, struktūrinių lygčių, operacijų tyrimo. Modeliai turi savo privalumų ir trūkumų. Pasak (Azbainis ir Rudzkiene, 2011) ekonometriniai modeliai, naudojami tyrimams, būsto kainų augimui, kritimui. Būsto kaina dėstoma kaip pervertinta ir nutolusi nuo pusiausvyros kainos.

1.8. Dirbtinių neuroninių tinklų analizė ir bendrosios nuostatos

Šiuolaikiniame pasaulyje neuroniniai tinklai naudojami įvairių sistemų ir procesų modeliavimui bei nustatyti prognozei (Makūnaitė, 2006). Anot G.Velasco (2019), neuroninis tinklas yra dirbtinio intelekto modelis, kuris buvo sukurtas žmogaus smegenų mokymosi procesui atkartoti ir kurio teigimu „Smegenų dirbtinis intelektas neaplenks“.

Neuroninis tinklas „atpažįsta“ nekilnojamojo turto būsto kainoms turinčių veiksnių įtaką ir turi galimybę ją apskaičiuoti bei įvertinti matematinių formulių forma. Taikant turimą matematinę išraišką, galima prognozuoti nekilnojamojo turto kainas ateityje.

Neuronų tinklų išradėjais laikomi neurofiziologas ir matematikas, kurie 1943m. norėdami aprašyti, kaip galėtų veikti smegenų neuronai, jie modeliuodavo paprastą nervų tinklą naudodamiesi elektros grandinėmis (McCulloch and Pitts, 1943). Paveiksle 4 pavaizduotas dirbtinis neuronų modelis, kuris yra pagrindinis neuroninių tinklų elementas.



4 pav. **Dirbtinis neuronų modelis**

(Šaltinis: Makūnaitė, 2006)

Dirbtinis neuronas sudaromas iš penketo bendrųjų nuostatų (Verikas, 2009).

1. Neuronų pirminės įvesties (duomenų rinkinys, kuris yra pateikiamas programoje) reikšmės, kurios yra apibrėžtos aibe realiųjų skaičių: x_1, x_2, \dots, x_n .
2. Kiekviena įvesties aibė turi svorių aibę, tai yra svorių koeficientai: w_1, w_2, \dots, w_n , kai apmokymo funkcijos tinklas naudojamas apibrėžti bei įvertinti tinkamiausią svorių reikšmių aibę. Toliau vyksta sinapsių svorių vertinimas, tai yra neuronų įvesties ir svorių sandaugų suma pagal formulę:

$$a = w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_nx_n = \sum_{k=1}^n w_kx_k \quad (3)$$

3. Visi neuronai turi reikšmę w_0 . Tokia reikšmė yra išminusuojama iš turimos įvesties reikšmių svorinės sumos.
4. Taip pat skaičiuojama neurono išėjimo reikšmė y , pagal aktyvimo funkcija $f(a)$. Paprastai, aktyvavimo funkcija yra sigmoidė, tiesinė, hiperbolinė tangento aktyvacijos funkcijų. Tiesinės aktyvavimo funkcijos reikšmės gali svyruoti nuo $-\infty$ iki $+\infty$. Sigmoido reikšmių intervalas svyruoja tarp $(0,1)$, hiperbolinio tangento reikšmės $(-1,1)$.

5. Neuronų išėjimas skaičiuojamas pagal formulę:

$$y = f\left(\sum_{i=1}^n x_i w_i + w_0\right), x_0 = 1 \quad (4)$$

Aktyvavimo funkcija – tai matematinis funkcionalumas su išvesties signalu. Aktyvavimo funkcijos sudėtingumas, priklauso nuo neuroninio tinklo nagrinėjamos sąlygos. Vienos iš dažniausiai naudojamų yra tiesinė, sigmoidinė ir hiperbolinė tangento aktyvavimo funkcijos (Makūnaitė, 2006).

Neuroninio tinklo modeliu, siekiama mokinant turimus duomenis įvertinti ir sukurti statistikinį – ekonominį proceso modelį. Sukurtas modelis, kuris pagal surinktus mokymo imties duomenų paketus įsipareigoja „išmokti“ bei atlikti reikalingus duomenų vertinimus (Tashman, 2000). Proceso pabaigoje įvardinti matematiškai pagrįstas ir suformuluotas apibendrinamas išvadas.

Sukuriamas statistikinis – ekonominis proceso modelis, kuris labiau priklauso nuo duomenų aiškumo, apimties dydžio ir sudėtingumo. Tai vadinama parametrais, kurie sunkina ar palengvina modelio kūrimo bei analizės darbą. Modelis, kuris turi įvairiausių sudėtingumų parametrų gali lengviau prisitaikyti prie apmokomos duomenų imties ir joje jau turimų parametrų nei tas modelis, kuris turi mažai parametrų bei nėra lankstus kito atžvilgiu. Modelio sudėtingumas priklauso ir nuo paslėptų neuronų skaičiaus, kuris sunkina analizės procesą. Atlikus teorinę neuroninio tinklo analizę, galima tiksliau pasirinkti reikiamą neuroninio tinklo sudėtingumą (Guenther, 2001).

Modelio išvados generavimas susideda iš kelių etapų, kad atmetimo būdu būtų surenkama tiksliausia informacija. Išvados klaida generuojama skaidant į dvi sudėtinės dalis: bazinę ir išskaidymo/išsibarstymo klaidas. Vienas iš dažniausiai pasitaikančių klaidų yra išsibarstymo, nes duotoms mokymo imtims labai dažnai pasitaiko per didelį parametrų lankstumą arba jų trūkumą. Kitu atveju, modelio paprastumas turi didelę bazinę klaidą.

Moksliniais tyrimais Devon, Barrow ir Sven (2013) įrodyta, kad tiksliausia generuojama išvados klaida būna tada, kai atsiranda abipusis kompromisas tarp priešaraujantių parametrų ar reikalavimų. Tokiu atveju, tikslumas atsiranda tada kai būna maža bazinė ir maža išsibarstymo klaidos. Kadangi neuroninio tinklo sudėtingumas kinta ir nuo paslėptų neuronų, svorių, šiam tikslumui pasiekti, privaloma kontrolė.

10 lentelė. Neuroninio tinklo kontrolė

(sudaryta autorės Albon, 2017)

| | |
|---|--|
| 1 | Neuroninių tinklų vertinimas su įvairiais paslėptų neuronų skaičiais ir atskleidžiamas optimaliausias. |
| 2 | Modeliuojamas bei apmokomas milžiniškas neuroninis tinklas, kuris rezultatų pateikimo metu pateikia mažiausiai reikšmingų jungčių ir neuronų. Jie pašalinami iš viso turimo neuroninio tinklo. |
| 3 | Norint sumodeliuoti optimalią neuroninio tinklo struktūrą, reikia mokymo metu vis prijungti naujų neuronų, kurie vėliau arba bus pagalba vertinimo tikslumui arba bus atmetami. |
| 4 | Galiausiai suformuojami bei sujungiami neuronų išėjimai ir pateikiamas gautas rezultatas. |

Testavimas tai dar vienas, paskutinis reikalingas etapas norint pasiekti tikslaus rezultatų bei pagrįstų išvadų. Šiam etapui dažniausiai yra sukuriama testinė duomenų imtis, kuri privalo būti tokia pati arba labai panaši į tikrąją-realiąją duomenų imtį. Dažniausiai paimama tikrosios duomenų imties kopija su reikalingais imties parametrais ir naudojama testinėje sistemoje. Tai pagrindinis ir labai svarbus etapas prieš atliekant paskutinius vertinimus. Testinės imties kūrimas sudaro galimybę kontroliuoti modelio prisitaikymą prie mokymo imties duomenų.

Apibendrinus galima teigti, kad neuroniniai tinklai ateityje viršins įvairius duomenų valdymo, modeliavimo metodus, kurie šiuo metu atlieka pagrindines valdymo ir duomenų apdorojimo funkcijas.

2. NEKILNOJAMOJO TURTO VERTINIMO METODIKA BEI EMPIRINIO TYRIMO EIGA

Tyrimo metodikos būtinumas yra kryptis puikaus tyrimo link. Šiame tyrime yra naudojami duomenys, surinkti iš Ober-Haus, Lietuvos Registrų centro bei Lietuvos Statistikos departamento. Kad tyrimas pavyktų, skaičiavimai turi būtų kuo tikslesni, reikia kuo daugiau duomenų. Imami dešimtmetiniai oficialūs duomenų rinkiniai iš duomenų bazių. Toks sprendimas pasirinktas dėl tikslenių prognozavimo rodiklių.

Ekonometriniams rodikliams vertinti bei prognozuoti naudojamas Eviews programinis paketas. Toliau naudojama programa SQL/PL duomenų saugojimui ir vertinimui atlikti, galiausiai naudojamas MLJAR – programinis paketas. MLJAR platformos įkūrėjas yra P. Płoński (2017), kuris sukūrė mašininio mokymosi programinį paketą analizuodamas aukštos energijos fizikos duomenis. Tyrimui atliekami veiksmai, mašininio mokymosi metodu. Šiam modeliui pasirinktas neuronų tinklo (angl. Neural Network) ekstremalus gradiento didinimo algoritmas (angl. Extreme Gradient Boosting). Tai yra mašininio mokymosi algoritmas, skirtas prognozavimo modeliams kurti.

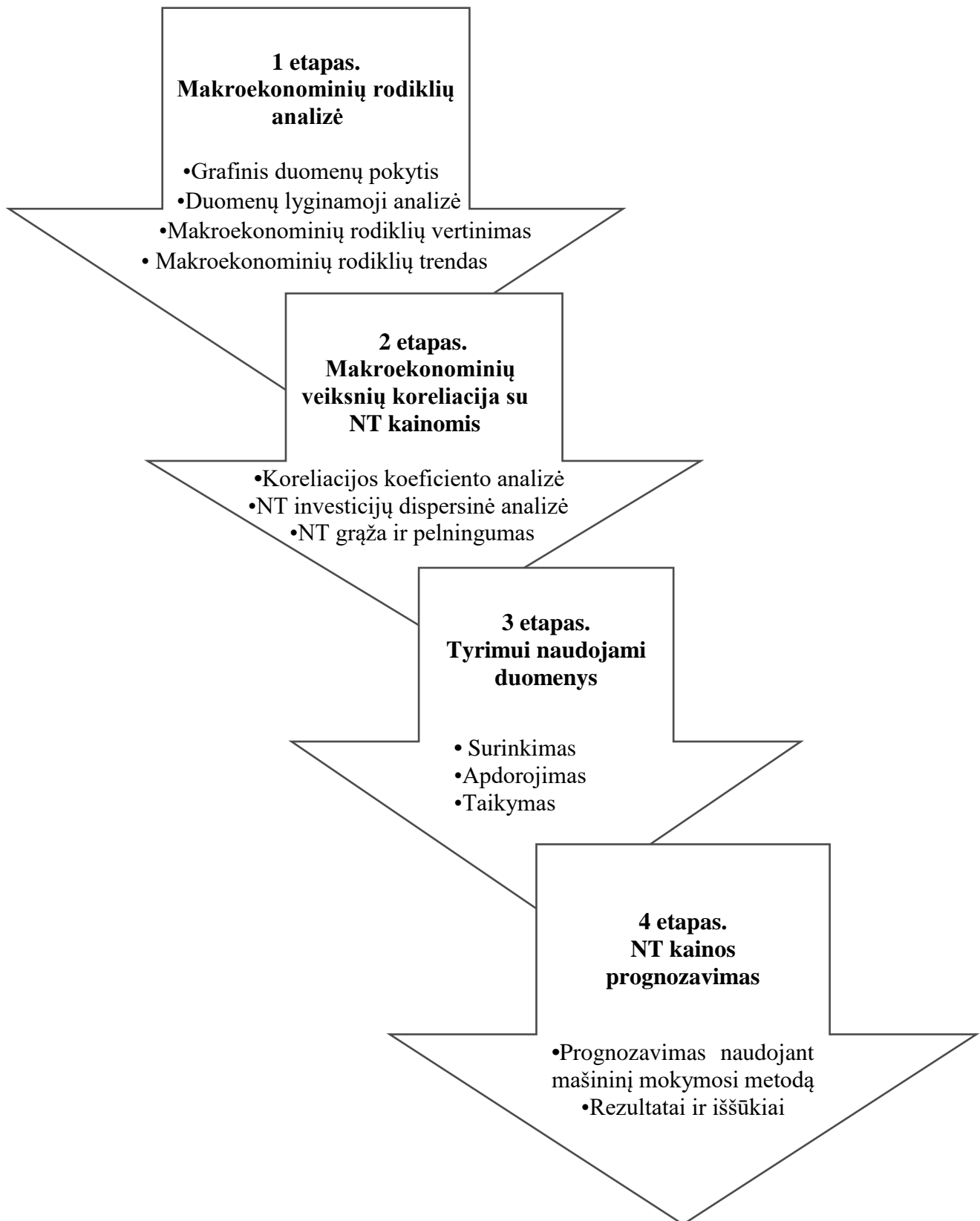
Būsto kainų nustatymas atliekamas Vilniaus mieste. Modelio kūrimo analizei ir vertinimui pateikiamos lentelės suprantamesniam duomenų atvaizdavimui.

Sukuriamas modelis pateikiamas testavimui. Sukuriama testinė duomenų imtis, kuri testavimo metu turi atitikti realiosios imties reikalavimus. Atliekama testinės imties prognozė, kuri pagal pateiktus parametrus nustato būsto kainą. Testinė imtis sukuriama patikrinti gaunamą rezultatą, nesugadinus tiek tikrosios duomenų imties, tiek pagrindinio programinio įrankio. Verta paminėti, kad testinė duomenų imtis kuriama tam, kad atliktų funkciją, kuri padeda kontroliuoti modelio prisitaikymą prie mokymo imties duomenų.

Nekilnojamojo turto objektų kainų prognozės tikslumui įvertinti naudojami 5 optimalūs ir pagrindiniai paklaidų įvertinimo rodikliai, kurie nusako prognozės sėkmingumą bei tikslumą. Paklaidų analizė atliekama naudojantis:

- vidutinę procentinę absoliutinę paklaidą;
- Vidutinę absoliutinę paklaidą;
- Vidutinę kvadratinę paklaidą;
- Vidutinis kvadratinės paklaidos nuokrypis.

Tyrimo atlikimui sukuriama eiga, kuri sudaryta iš keturių etapų (žr. 5 pav.).



5 pav. Empirinio tyrimo etapai

(sudaryta autorės)

2.1. Pirmasis analizės etapas - Makroekonominių rodiklių analizė

Tiriamas laikotarpis nuo 2000 iki 2019 metų, prognozavimo laikotarpio diapozonas ilgesnis (iki 2022). Pirmoje dalyje aprodojami oficialūs duomenys bei atliekamas jų įvertinimas.

Pirmojo etapo tiriami rodikliai:

- bendras vidaus produktas;
- nedarbo lygis;
- tiesioginės užsienio investicijos;
- suderintasis vartotojų kainų indeksas;
- nuolatinių gyventojų skaičius;
- leistų statyti butų skaičiaus pokytis.

Naudojamas ekstrapoliacijos metodas, kuris apibūdinamas kaip įvairus dinamių eilučių statistinis išlyginimo būdas, kuriuo efektyviai dabarties dėsningumai yra perkeliama į ateitį (Jančiauskas ir kiti, 2012). Dinaminiai santykiniai rodikliai, parodo tyrinėjamo reiškinio kaitą tam tikru metu. Dinaminiai rodikliai vertinami baziniu ir grandininio būdu. Baziniai rodikliai apskaičiuojami dabartinio laikotarpio duomenis siejant su to pačio, laikotarpio duomenimis (mokslai.Lietuviuzodynas.lt, 2019). Grandininiai rodikliai apskaičiuojami dabartinio laikotarpio duomenis siejant ir vertinant su visada kintančiu, prieš tai buvusio laikotarpio duomenimis, kur x_0 – bazinio laikotarpio duomuo, x_{i-1} – prieš tai esančio laikotarpio duomuo.

$$S_{dinaminis\ bazinis} = \frac{x_i}{x_0} * 100\% \quad (5)$$

$$S_{dinaminis\ grandininis} = \frac{x_i}{x_{i-1}} * 100\% \quad (6)$$

Toliau išanalizavus įvairius mokslinius straipsnius, naudojamas bus sezoninio trendo modelis. Kurį naudojant reikia atskirai apskaičiuoti stacionarųjį vidurkį, trendo tiesinį kitimą ir sezoniškumo koeficientus, pagal kuriuos bus nustatomi kintamieji (mokslai.Lietuviuzodynas.lt, 2019). Šiame tyrime pasirinkta ir bus naudojamas *Holto Winterio* metodas. Skaičiuojant kintamuosiu pagal metodą pradžioje nustatomas stacionarusis vidurkis. Toliau Trendo tiesinio kitimo koeficientas apskaičiuojamas pagal šią lygtį:

$$b_t = B \cdot (m_t - m_{t-1}) + (1 - B) \cdot b_{t-1} \quad (7)$$

Tada sezoniškumo koeficientas apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$k_t = C \cdot \frac{y_t}{m_t} + (1 - C) \cdot k_{t-L} \quad (8)$$

Ilgalaikiai prognozei koeficientams A, B, C rekomenduojamos reikšmės yra 0,2; 0,2; 0,6. Tyrime prognozuojama makroekonometrinio rodiklio reikšmė τ laiko intervalų į ateitį nustatoma pagal šią lygtį:

$$f_{t+\tau} = (m_t + b_t \cdot \tau) \cdot k_{t-L+\tau} \quad (9)$$

2.2. Antrasis analizės etapas - Makroekonominių veiksnių koreliacija su nekilnojamojo turto kainomis

Gaunami kintamieji bei nekilnojamojo turto kainos, nuomos indeksai. Laikotarpis, kuriuo norint apskaičiuoti kuo tikslensnes reikšmes naudojamas nuo 1998 – 2018 metų.

Nekilnojamojo turto rinkos analizei ir vertinimui naudojami modeliai, metodai (žr.)

11 lentelė. Analizei ir vertinimui naudojami modeliai, kriterijai

| Rodiklis | Modeliai, kriterijai |
|---------------------------------------|--|
| BVP | Holto Winterio sezoninį multiplikatyvūs modelį |
| Nedarbo lygis | Holto Winterio sezoninį adityvūs modelį |
| Tiesioginės užsienio investicijos | Holto Winterio sezoninis adityvūs modelis |
| Suderintasis vartotojų kainų indeksas | Holto Winterio tiesinis modelis |
| Gyventojų skaičius | Holto Winterio sezoninis adityvūs modelis |
| Nekilnojamojo turto būsto kaina | Pirsono kriterijus |
| Nekilnojamojo turto nuoma | Pirsono kriterijus |

12 lentelėje pateikiamos formulės, kuriomis naudojantis buvo nustatyti reikšmingumai tarp kintamųjų.

12 lentelė. Koreliacijos koeficientų reikšmingumui suskaičiuoti naudojami kriterijai

| Pirsono kriterijus | Stjudento kriterijus | T-kriterijus |
|---|---|---|
| $r_{xy} = \frac{\bar{x}\bar{y} - \bar{x}\bar{y}}{S_x * S_y} \quad (10)$ | $t = \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} \quad (11)$ | $T = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{(n-1)S_y^2 + (m-1)S_x^2} \sqrt{\frac{nm(n+m-2)}{n+m}} \quad (12)$ |
| Reikšmingumas (-1;1) | Reikšmingumo lygmuo 0.05 | |

2.3. Trečiasis analizės etapas - Tyrimui naudojami duomenys

Nekilnojamojo turto objektų duomenys nuskaitomi iš Aruodas.lt ir Domoplius.lt 2019 metų birželio 7 dieną ir 2019 metų gruodžio 31 dieną, pasinaudojant Google Chrome naršyklės plėtiniumi (*angl. extension*). Plėtinio veikimo principas gana paprastas - naršyklės puslapyje yra pažymimas tam tikras blokas, šiuo atveju parduodamų butų blokas, kurį norima eksportuoti į failą, kaip tekstinį duomenų rinkinį ir dar yra pažymima puslapiavimo vieta, kad plėtinys galėtų automatiškai eiti per visus parduodamų butų puslapius, ir išsaugoti naujus butų duomenis. Taip į CSV tipo failą nuskaitoma visa informacija, apie Vilniuje parduodamus butus, kurie tuo metu yra patalpinti Aruodas.lt ir Domoplius.lt svetainėse.

Duomenų bazė sutvarkoma, pašalinant nereikalingas ypatybes apie butus. Tikslas išeliminuoti tokius parametrus, kurie neturi įtakos tyrimui. Taigi, kiekvienas nuskaitytas butas turi šią informaciją: gatvė, rajonas, kaina, kvadrato kaina, kambarių skaičius, bendras kvadratų skaičius, aukštas, namo aukštų skaičius. Sudaroma unikali duomenų bazė. Šie visi atributai įkelti į MySQL duomenų bazę.

2.4. Ketvirtasis analizės etapas - Nekilnojamojo turto kainos prognozavimas

Pradžioje aprodojama bendra gyvenamosios paskirties butų informacija, kuri buvo paimta iš Aruodas.lt nekilnojamojo turto skelbimų portalo. Duomenys išsaugomi duomenų bazėje bei apdorojami su MySQL.

Automatiniui neuronų tinklų modeliui kurti, kuris galėtų atlikti būsto kainų prognozę buvo naudojamas MLJAR programinis paketas. Iš duomenų bazės visa informacija apie butus konvertuojama į CSV formato rinkmeną bei sukeliama į MLJAR. Vertės nustatymo techniką ir kainų nustatymo metodų logiką modelis apmokomas pagal pateikiamus algoritmus. Gavus prognozavimo rezultatus, tikslumas yra įvertinamas pagal atliktos prognozės vidutinę procentinę absoliutinę paklaidą (*angl. mean absolute percentage error - MAPE*):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i} * 100\% \quad (13)$$

čia y_i - prognozuojamo rodiklio tikroji reikšmė

\hat{y}_i - prognozuojamo rodiklio reikšmė apskaičiuota pagal sudarytą prognozės modelį.

Ši vidutinė aproksimacijos paklaida apskaičiuojama prognozavimo metodams įvertinti. Ją naudojant bus lyginami prognozavimo metodų bei rodiklių prognozių tikslumas (žr. 13 lentelę).

13 lentelė. Prognozių tikslumų įvertinimai

| MAPE, % | Prognozavimo tikslumas |
|---------|------------------------|
| < 10 | Labai tikslus |
| 10 ÷ 20 | Tikslus |
| 20 ÷ 50 | Pakankamas |
| > 50 | Nepakankamas |

Sakoma, kad funkcija tiksliai atspindi realių reikšmių kitimą, jei vidutinė aproksimacijos paklaida neviršija 10 procentų.

Norint įvertinti, kaip apskaičiuotos pagal funkciją reikšmės atitinka realias reikšmes, tuomet nustatinėjamos paklaidos, formulių pagalba:

Vidutinė absoliutinė paklaida (MAE):

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| \quad (14)$$

Vidutinė kvadratinė paklaida (MSE):

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 \quad (15)$$

Vidutinis kvadratinės paklaidos nuokrypis (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{MSE} \quad (16)$$

Kuo šios rodiklių reikšmės yra didesnės, tuo blogesnė prognozavimo kokybė.

Apibūdinant būsto kainos vertinimą, bus sukuriamas neurininių tinklų modelis. Idėja yra tokia, kad modelis turėtų naudoti apdorotus duomenis ir atlikti prognozę, kad būtų galima nustatyti tikslumą, identifikuoti šališkumus, sudarytus pagrindinių algoritmų.

3. NEKILNOJAMOJO TURTO RINKOS ANALIZĖ IR VERTINIMAS

Atlikus mokslinių tyrimų teorinę analizę bei susipažinus su įvairiais skaičiavimo būdais ir pasirinkus nagrinėjamus ekonominius rodiklius, atliekamas rodiklių vertinimas bei prognozavimas.

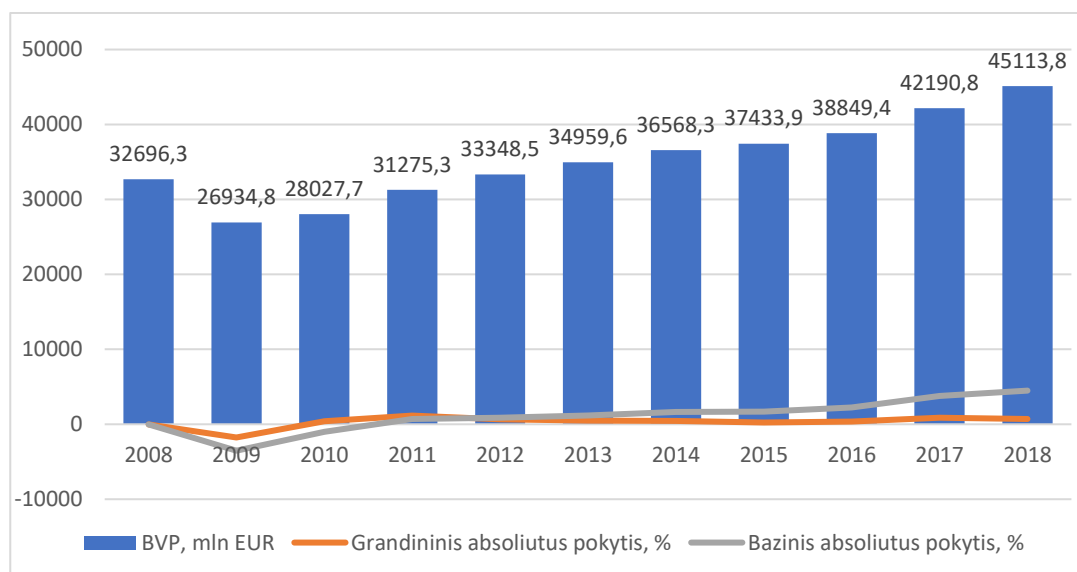
3.1. Nekilnojamąjį turtą veikiančių makroekonominių rodiklių vertinimas ir trendas

Prieš analizuojant makroekonominių rodiklių tarpusavio ryšius ir priklausomybę bei nagrinėjant įvairius rodiklius, jų dinamiką ir struktūrą, pradžioje apibrėžiami pagrindiniai šalies nekilnojamąjį turtą veikiantys rodikliai, įvertinami veiksniai, turėję įtakos tam tikrų rodiklių pokyčiams.

Išsamiai išanalizavus teorinę medžiagą bei literatūros straipsnius, didžiausią įtaką nekilnojamajam turtui darantys veiksniai yra bendras vidaus produktas, nedarbo lygis, tiesioginės užsienio investicijos, suderintasis vartotojų kainų indeksas, nuolatinių gyventojų skaičius, leistų statyti butų skaičiaus pokytis.

- **Bendras vidaus produktas**

Nekilnojamąjo turto įsigijimui pasiryžta ne kiekvienas Lietuvos pilietis. Tačiau metams keičiantis, auga BVP, tai reiškia, kad žmonių sąlygos gyventi vis gerėja. Tai vienas geriausių būstų įsigijimo metas, kai pagrindiniai šalies būsto rodikliai – tik teigiami (Ober-Haus, 2019). Atliktas tyrimas bendrojo vidaus produkto to meto kainomis ir dinaminių eilučių analitinių rodiklių vertinimas (žr. 6 pav.).



6 pav. **Bendras vidaus produktas ir analitiniai rodikliai**
(sudaryta autorės naudojantis Statistikos departamento duomenimis, 2019)

Atliekant BVP analizę įsitikiname, kad žmonės linkę leisti pinigus nekilnojamajam turtui kaip investicijai, dėl pajamų išaugimo.

Lentelėje atvaizduojamas bendras vidaus produktas to meto kainomis ir šalies BVP proc. pokytis palyginti su ankstesniu laikotarpiu. Kaip lentelės lyginamoji dalis pasirinkti bazinis absoliutus ir grandininis pokyčiai skaičiuojami milijonais eurų.

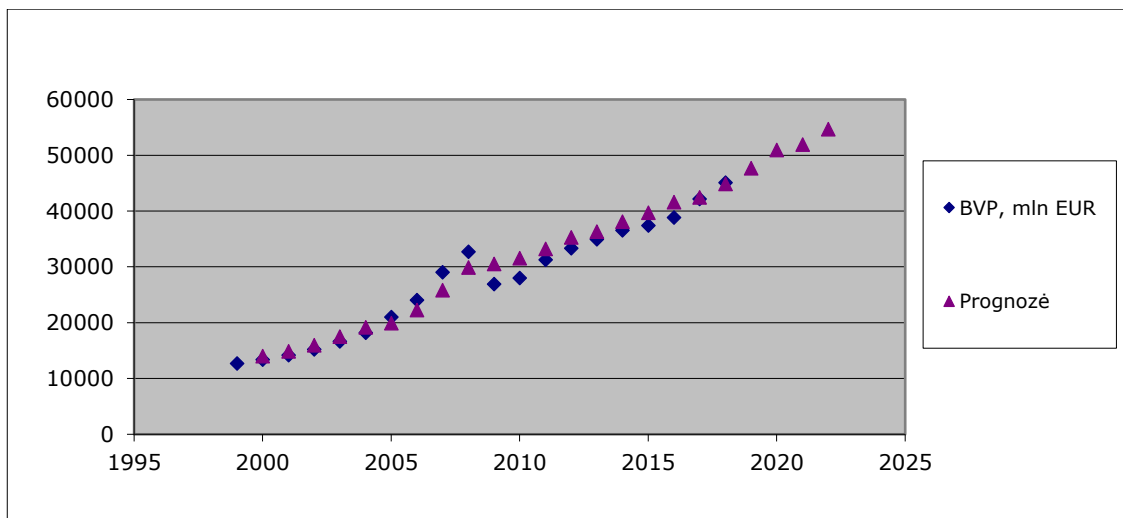
Iš pateikto paveikslėlio matome, jog nuo 2009 metų BVP augo. Verta paminėti, kad 2013 -2019 metais nustatytas 5 procentų realiojo vidutinio darbo užmokesčio augimas, o vidutinis darbo užmokestis iki mokesčių 2018 metais padidėjo apie 10 proc. Lyginant BVP grandininis absoliučius pokyčius, didžiausias BVP padidėjimas buvo 2009-2010 metais, t.y. 8,4 proc. punktais didesnis nei 2008 metais. Laikotarpyje 2008-2018 metais dinaminis grandininis absoliutaus pokyčio vidurkis yra 3,58 procentiniai punktai. Tuo tarpu bazinis absoliutaus pokyčio vidurkis siekia 8,48 procentinius punktus. Lyginant šiuos du dinaminis santykinis rodiklius, kurie parodo tyrinėjamojo laikotarpio kitimą tam tikru metu, matomas bazinio rodiklio stiprus kitimas. Bazinio rodiklio vidurkis yra didesnis 5 procentiniais punktais nei grandininis, nes bazinio rodiklio bazė imama 2008 metų turimas rodiklis. Teigiamas BVP pokytis priklauso nuo pridėtinės vertės. Per pastarąjį dešimtmetį didžiausią įtaką teigiamam BVP pokyčiui turėjo apdirbamosios gamybos, statybos ir didmeninės ir mažmeninės prekybos, transporto ir saugojimo, apgyvendinimo ir maitinimo paslaugų įmonių sukurta pridėtinė vertė. Neigiamą įtaką BVP darė sumažėjusi nekilnojamojo turto operacijų įmonių sukurta pridėtinė vertė (Lietuvos statistikos departamentas, 2019).

2018 metų investicijų į nekilnojamąjį tendencija buvo kai bankų palūkanų norma buvo itin maža ir BVP didėjo sparčiai, dėl to butų pirkimas išaugo drastiškai. Žvelgiant į 2010 - 2015 metus, kai investijos į nekilnojamąjį turtą buvo pačios palankiausios, bankų palūkanos siekė neregėtas žemumas. Per analizuojamąjį laikotarpį bendrasis vidaus produktas išaugo 37,98 procentiniais punktais, o paskutiniaisiais metais augimas siekė 6,93 procento. Statistikos departamento turimais duomenimis bendras vidaus produktas 2018 metais išaugo 3,6 proc. Tarp 2013 m. pabaigos ir 2018 m. pabaigos vartojimo prekių ir paslaugų kainos padidėjo 7,3% (Lietuvos statistikos departamentas, 2019).

Anot 2017 metais Lietuvos banko atliktos analizės, ekonominio efektyvumo augimą skatino tarpautinė ekonominė aplinka, pagyvėjimas Lietuvos ūkio sektoriuje, itin stipriai augusi tarptautinė prekyba, kainų kitimą lėmė tiek vidaus ekonominiai veiksniai, tiek nuolat kintančios tendencijos pasaulinėse žaliavų rinkose, pokyčiai darbo rinkoje kuomet buvo trūkumas kvalifikuotų darbuotojų (Lietuvos banko analizė, 2017). Palankus pokytis darbo rinkoje, kuomet pragyvenimo lygis stipriai išaugo, tai skatino nuolat kylantis darbo

užmokestis. Žmonės pradėjo galvoti kaip įgyti kvalifikuotą išsilavinimą, kai rinkoje buvo stygius įvairaus plauko specialistų. Įmonės gausiai įdarbino, mažėjo nedirbančių skaičius.

Nagrinėjant Lietuvos ekonomikos raidą ir perspektyvas 2019 ir 2020 metais, pasaulio ekonominė plėtra lėtėja, tai ženklas, kad yra atsirandantis neapibrėžtumas dėl politikos pokyčių tarptautinės prekybos srityje, kuris yra vienas iš svarbiausių priežasčių pasaulio ekonomikos aktyvumo kelyje. Lietuvos banko atlikta prognozė rodo, kad Lietuvos BVP turėtų siekti panašius rodiklius lyginant praėjusius metus. 2020 metų rodiklis turėtų būti panašus į 2019 metų atsižvelgiant į 2018 metų 3,2 procento ir 2019 metais 2,7 procento, 2020 metais turi siekti 2,6 proc.. Lyginant su 2017 metais BVP augimas kiekvienais metais mažės. Atsiranda daugelis priežasčių, kurios daro įtaką, anot Lietuvos banko prognozės tai yra mažėjantis vartojimas, prekybos suvaržymai. Iš teigiamų padarinių, investicijas skatino 2017 - 2018 metais pagerėjusi tarptautinė ekonominė aplinka ir atsigaunti ES parama, tai kapitalo formavimui skiriamų lėšų iš ES fondų srutai.



7 pav. **BVP prognozė**

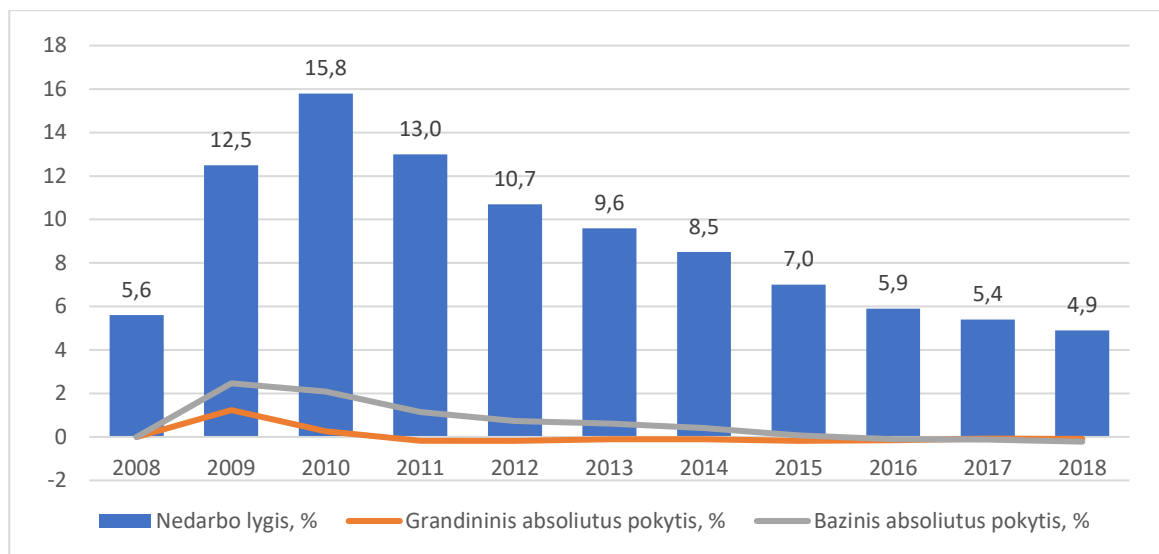
(sudaryta autorės naudojantis Statistikos departamento duomenimis, 2019)

Prognozuojant BVP 2019 ir 2022 metams, pagal Holto Winterio sezoninį multiplikatyvųjį modelį, kai laiko eilutei būdingas sezoniniai svyravimai ir trendas, tiksliau eksponentinį išlyginimo modelį, kuris plačiau paminėtas 2 skyriuje. Matomas trendas, jog 2019 metais rodiklis turėtų siekti 47369 mln. EUR, 2020 metais beveik 50000 mln. EUR (tiksliau 51843), 2022 metais beveik 55000 mln. EUR.

- **Nedarbo lygis**

Augant nedarbingumo lygiui, stipriai mažėja žmonių galinčių įsigyti būstus ar išmokėti paskolas. Anot statistikos agentūros „Eurostat“, įvertinus sezoninius svyravimus, matoma, kad nuo 2017 metų iki 2018 metų rodiklis sumažėjo vienu procentu. Tai - žemiausias euro zonoje užfiksuotas nedarbo lygis nuo 2008 metų lapkričio (Eurostat, 2018). Didėjant šalies ekonomikai, nedarbo lygis šalyje mažėja.

Norint apdoroti duomenis bei įvertinti nedarbingumo lygio pokyčius 2008-2018 metus, paveikle atvaizduojama nedarbingumo dinamika per nagrinėjamą laikotarpį.



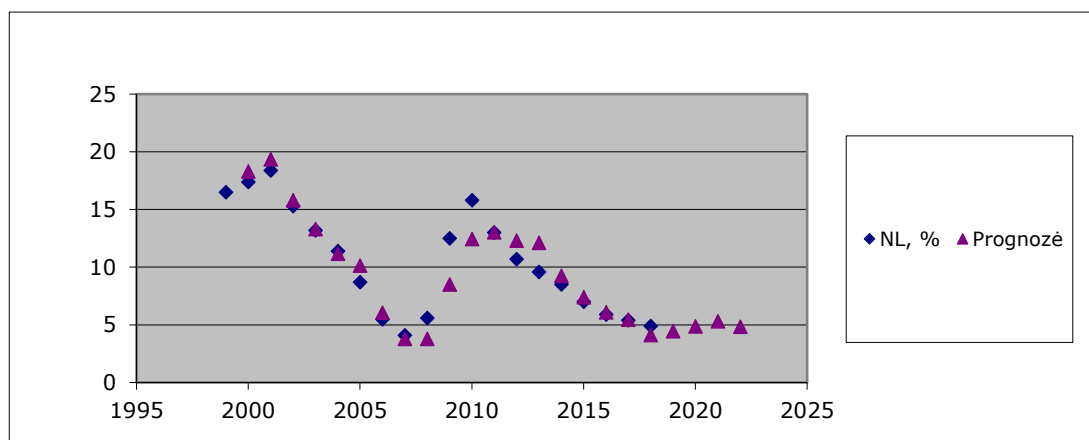
8 pav. Nedarbo lygis ir dinaminių eilučių analitiniai rodikliai

(sudaryta autorės naudojantis Statistikos departamento duomenimis, 2019)

Žinant, jog ekonominė krizė Lietuvoje stipriai lietė nedarbingumo rodiklius, padidėjimas buvo apie 3 kartus nuo 2008 iki 2010 metų. Turint apdorotus duomenis galima teigti, kad nedarbingumas Lietuvoje nuo 2010 metų iki 2018 metų sumažėjo nuo 15,8 % 2010 metais iki 4,9 % 2018 metais ir 2018 metais buvo mažiausias nedarbo lygis per nagrinėjamą laikotarpį 2008-2018 metus. Nedarbingumas nuo 2008 metų iki 2010 metų ženkliai pakilo, augimas sudarė 282,14 procentų. Didžiausią nedarbingumo rodiklio išaugimą lėmė įmonių bankrotai, bankų palūkanų kilimas. Nagrinėjant nedarbingumą, grandininis absoliutus pokytis parodo, kad didžiausias nedarbo lygio kilimas buvo 2009 metais ir panašus rodiklis laikėsi ir 2010 metais. 2009 metais 6 procentiniais punktais didesnis nei 2008 metais. Prasidėjus 2010 metams, nedarbingumas kasmet mažėjo. Šalies ekonomikai augant, pradėjo didėti ir kurtis įmonių bei darbo vietų skaičius. Nagrinėjant nedarbingumo grandininis absoliučius pokyčius, pagrindinis ir didžiausias rodiklio

mažėjimas buvo 2010 metais. 2018 metai buvo nustatyti kaip mažiausias po krizės laikotarpio, kai nedarbo lygis nustatytas - 4,9 procento.

Anot Lietuvos banko, suprognuozuotas nedarbo lygio rodiklis ir toliau mažės kasmet, apytiksliai po 0,2 procentus.



9 pav. **Nedarbo lygio prognozė**

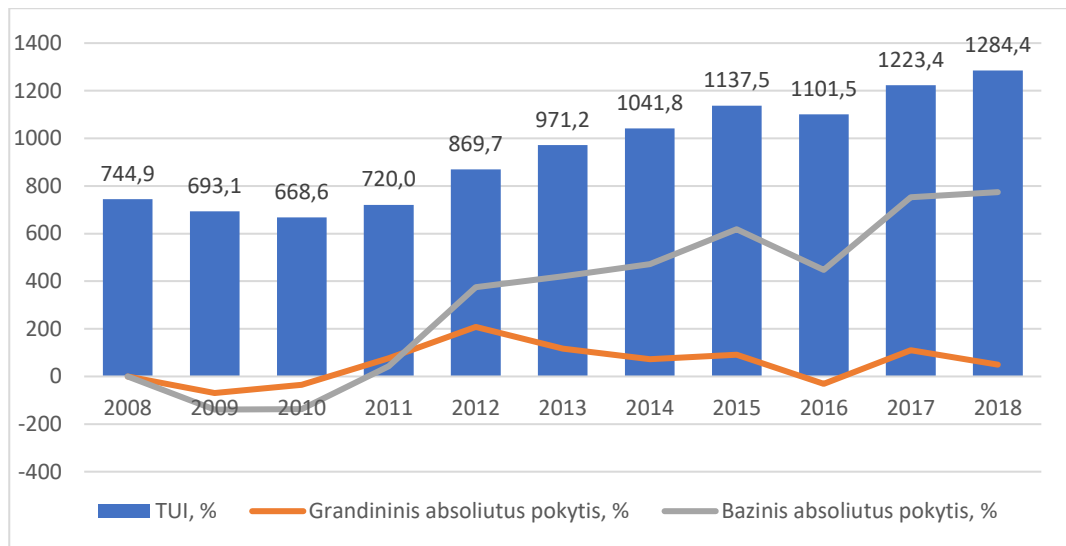
(sudaryta autorės naudojantis Statistikos departamento duomenimis, 2019)

Nedarbo lygio prognozė, sprendžiant iš apdorotų duomenų gaunama pagal Holto Winterio sezoninį adityvųjį modelį, kad vidutinis nedarbingumo lygis 2019 metais pagal prognozė sieks mažiau nei 6 procentus, o 2020 metais procentinė dalis turėtų išlikti labai panaši. 2021 – 2022 metais NL turėtų mažėti po truputį. Anot Finansų ministerijos apžvalgų, išliekant kvalifikuotų darbuotojų trūkumui, nedarbo lygis 2019 mažės lėtesniu tempu ir sudarys 5,9 proc. Vėlesniais vidutinio laikotarpio metais nedarbo lygis turėtų išlikti stabilus. (Finansų ministerijos makroekonomikos prognozė 2019-2022 metams, 2019).

- **Tiesioginės užsienio investicijos**

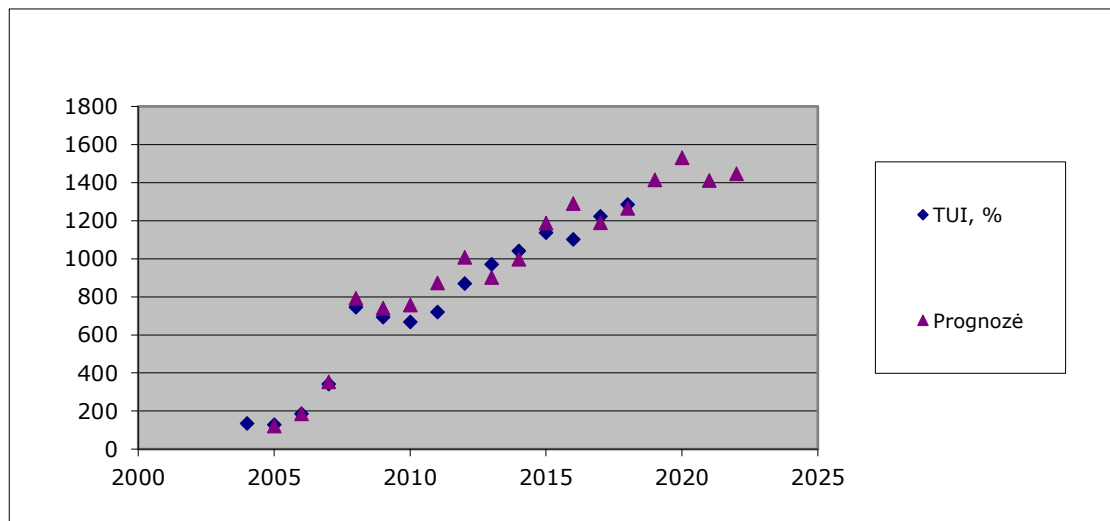
Tiesioginės užsienio investicijos (toliau-TUI) yra šalies ekonomikos augimo pagrindas. Pagrindinės TUI Lietuvoje reikšmė yra teigiama, tai yra atsirandančios darbo vietos tiek kvalifikuotiems tiek nekvalifikuotiems darbuotojams, pritraukiama vis daugiau kapitalo į mūsų šalį, šalies fondus. Užsieniečiai investuotojai steigia verslus, naujas įmones, veiklas ir technologiškai pažangesnius modelius (Brenkevičiūtė, 2010).

Norint įvertinti TUI rodiklio kaitą 2008-2018 metais, parodoma TUI dinamika per šį laikotarpį.



10 pav. Tiesioginės užsienio investicijos ir analitiniai rodikliai
(sudaryta autorės naudojantis Statistikos departamento duomenimis)

Paveiksle galima matyti, kad tiesioginės užsienio investicijos stipriai mažėjo krizės metais 2008-2009, beveik 7 procentus ir 2013 – 2014 metų laikotarpiu mažėjo pusę procento. Nuo 2010 iki 2013 metų TUI pokyčio tempo vidurkis sudarė 7,7 proc. kasmet. Nagrinėjamo laikotarpio 2008 iki 2018 metais tiesioginės užsienio investicijos augimas buvo didelis apie 72,42 proc. Anot Lietuvos banko, tiesioginės užsienio investicijos labiausiai pasireiškė finansinėje ir draudimo srityse. Vienas iš pagrindinių ir didžiausias investicijas pritraukiančių sričių yra nekilnojamojo turto operacijos, kurios ypač iškilo nuo nagrinėjamų 2000 metų.



11 pav. Tiesioginių užsienio investicijų prognozė
(sudaryta autorės naudojantis Statistikos departamento duomenimis, 2019)

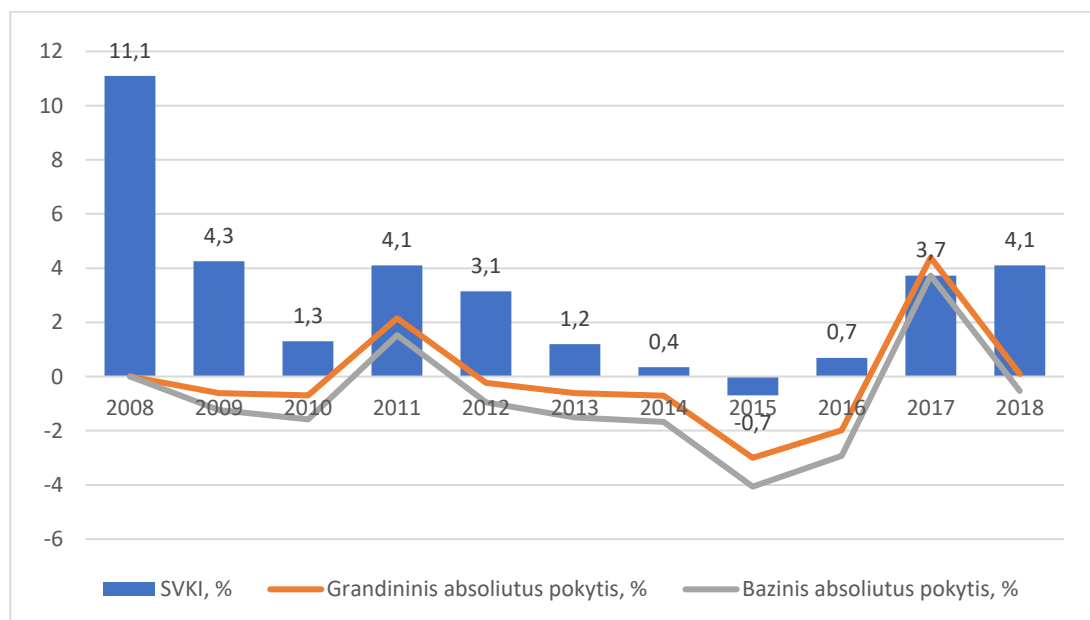
Atliekant prognozavimą tiesioginių užsienio investicijų 2019 ir 2020 metams, naudojamas Holto Winterio sezoninis adityvusis modelis matome, kad 2019 metais TUI rodiklis didės ir turėtų pasiekti daugiau nei 14000 mln. eurų, o 2020 metais nusimato stiprus rodiklio augimas, kuris atrodo gali siekti 16000 mln. Eur.

Verta paminėti, kad tiesioginių užsienio investicijų patrauklumą apibrėžia investavimo rinkos išsivystymas. Anot Remeikienė (2018), tarptautiniai investuotojai, kad sukurtų naują veiklos erdvę, jungia žemės sklypus, kapitalą bei žmogiškąsias kompetencijas.

- **Suderintasis vartotojų kainų indeksas**

Suderintas vartotojų kainų indeksas (toliau - SVKI) parodo infliacijos lygį, kurį sukuria vartotojai, tiksliau tariant vartojimo prekių ir paslaugų pirkimo pokyčiai per tam tikrą laiką (Giedraitis ir kiti, 2012). Anot Lietuvos statistikos departamento SVKI yra vartotojų kainų indeksas, apskaičiuojamas pagal Europos Sąjungos mastu suderintą metodologiją (Skirelienė, 2019). Šis rodiklis su nekilnojamuoju turto siejamas dėl infliacijos nes nekilnojamojo turto vertė labai priklauso nuo šalyje esančios infliacijos. Nekilnojamojo turto kainos pokytis vadinama yra sudėtine infliacijos skaičiavimo dalimi (Justinas 2012). Didėjant nekilnojamo turto investicijų kainoms, didėja ir infliacijos rodikliai, o kylant infliacijos rodikliams kyla ir nekilnojamo turto kaina.

Norint išanalizuoti bei įvertinti apdorotus duomenis, pateikiami SVKI pokyčiai laikotarpyje nuo 2008-2018 metų.



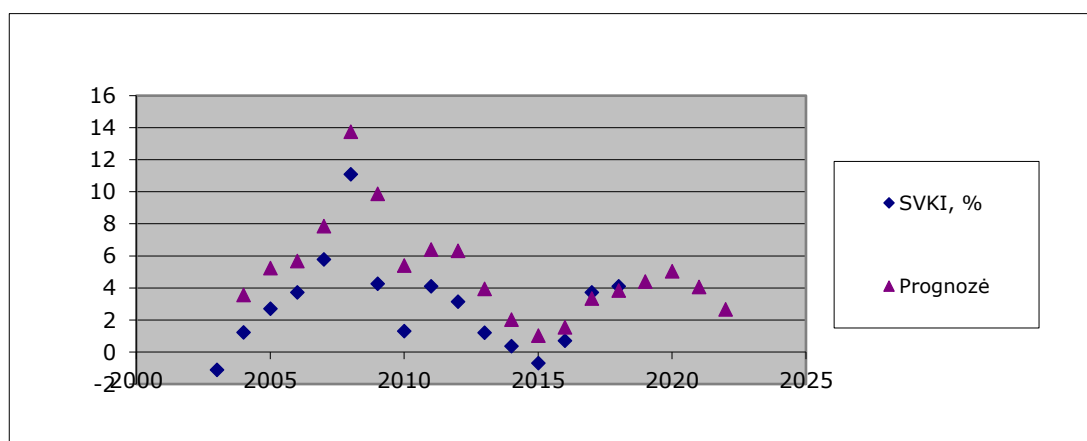
12 pav. **Suderintasis vartotojų kainų kaita ir analitiniai rodikliai**
(sudaryta autorės naudojantis Statistikos departamento duomenimis, 2019)

Galima pastebėti, kad suderintas vartotojų kainų indeksas 2015 metais buvo itin žemas, jis siekė minusinį procentą (-0,7%). 2008 metais SVKI buvo didžiausias per nagrinėjamą laikotarpį 2000-2019 metus. Procentiniais punktais yra 11,1 proc. 2008 – 2009 metais atsirado stiprus rodiklio kritimas, kuris siekė -6,7 procento – tai buvo pats stipriausias grandininis absoliutinis sumažėjimas per 2008-2018 metus.

Po ekonominės krizės padarinių SVKI 2009 metais buvo 4,3 proc., procentiniais punktais tai yra 6,8 proc. mažesnis nei 2008 metais. Laikotarpyje nuo 2011 metų iki 2015 metų suderintas vartotojų kainų indeksas stipriai krito nuo 4,1 proc. 2011 metais iki -0,7 proc. 2015 metais. Visame nagrinėjamame laikotarpyje nuo 2008 metų iki 2018 metų mūsų šalyje šis rodiklis pakilo 63 procentais.

Anot Lietuvos banko apžvalgų, šis rodiklis siejamas su maisto kainų pokyčiais ir tendencijomis pasaulio maisto žaliavų rinkose (Rojaka ir Genytė-Pikčienė 2013). Lietuvoje maistas brangta palaipsniui, atitinkamai kaip ir kainų kaita pasaulio mastu. Šis reiškinys slopina infliaciją. Turimais apdorotais duomenimis užfiksuotas vienintelis neigiamas SVKI kritimas, tai užfiksuota 2015 metais -0,7 procento, šio rodiklio stiprus kitimas buvo nulemtas makroekonominių veiksnių, kai šalyje buvo stipriai sumažėję žaliavų kainos.

Iš paveikslo matyti, kad paskutinius keturis metus nuo 2015 metų suderintasis vartotojų kainų indeksas kilo ir 2018 metais siekia 4,1 proc.. Didžiausią svorį SVKI augimui sudaro augančios paslaugų kainos, taip pat darbo užmokesčio didėjimas, aplenkdamas darbo našumą, kurio priežastimi ir yra darbo sąnaudų kainų didinimas.



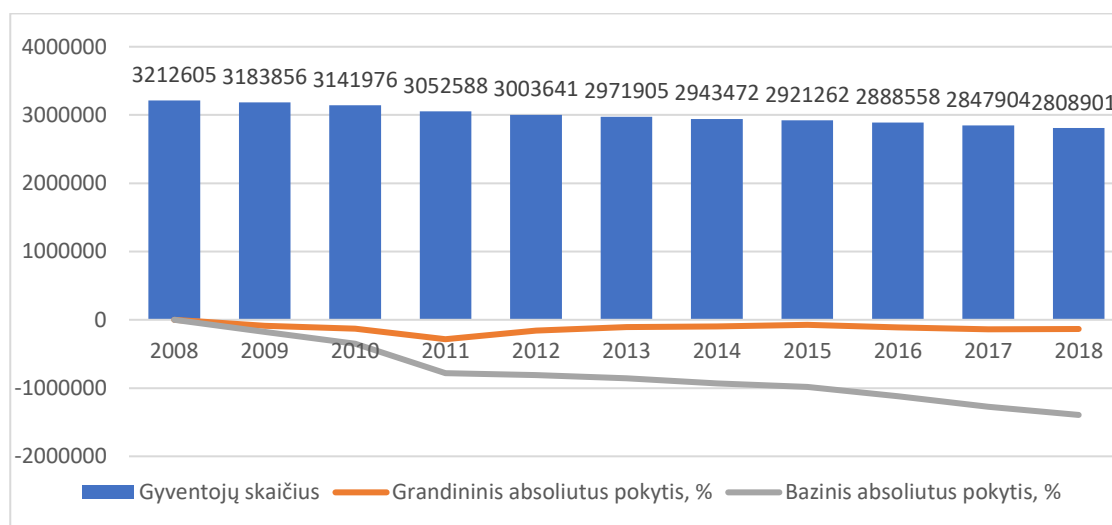
13 pav. **Suderintasis vartotojų kainų prognozė**
(sudaryta autorės naudojantis Statistikos departamento duomenimis)

Suderintasis vartotojų kainų trendui buvo naudojamas Holto Winterio tiesinio trendo modelis. Naudojantis 13 pav. matome, kad SVKI turėtų pasiekti 4 procentus 2019 metais

ir 3 procentus 2020 metais. 2021-2022 metais SVKI rodiklis turėtų sumažėti iki 2 procentų. Anot Europos Centrinio banko prognozuojama, kad infliacija pagal SVKI, neįskaitant energijos ir maisto produktų kainų, pamažu didės ir 2020 m. sieks 1,8 proc. (Eurostat, 2018).

- **Nuolatinių gyventojų skaičius**

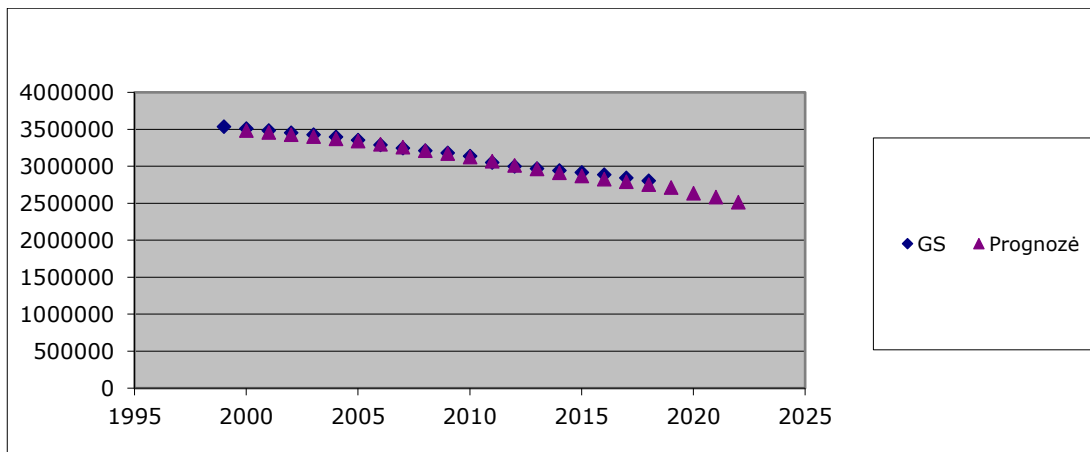
Anot statistikos departamento nuolatinių gyventojų sąvoka yra įvardijama kaip visi asmenys, kurių nuolatinė gyvenamoji vieta ataskaitiniu laikotarpiu yra Lietuvos Respublikoje.



14 pav. Nuolatinių gyventojų skaičius ir analitiniai rodikliai
(sudaryta autorės naudojantis Statistikos departamento duomenimis, 2019)

Iš paveikslo matyti, kad turimų apdorotų duomenų analizuojamą laikotarpį nuo 2008 metų iki 2018 metų gyventojų skaičius šalyje mažėjo. Lyginant bazinio pokyčio kaitą, nagrinėjamu laikotarpiu gyventojų skaičius sumažėjo apie 9 procentus.

Didžiausias sumažėjimas buvo 2011 metais – gyventojų skaičius Lietuvoje sumažėjo 2,9 procento per vienerius metus. Iš paveikslo matyti, kad gyventojų skaičiaus rodiklis kasmet kinta mažėjimo tvarka. Tokiam dalykui didžiausią įtaką turi mažas gimstamumas, didelis mirtingumas, emigracija.



15 pav. Gyventojų skaičiaus prognozė

(sudaryta autorės naudojantis Statistikos departamento duomenimis, 2019)

Naudojantis Holto Winterio sezoninį adityvųjį modelį atlikta gyventojų skaičiaus prognozė. Turint apdorotus duomenis galima teigti, kad nuolatinių gyventojų skaičius Lietuvoje palaipsniui mažėjo ir mažės. Kaip matome iš 13 paveikslo gyventojų skaičius 2019 ir 2020 metais mažės ir sieks 2,6 mln, o 2020 - 2022 metais palaipsniui sumažės ir turėtų siekti 2,5 mln..

3.2. Makroekonominių veiksnių koreliacija

Teorinėje dalyje buvo aprašomi keli makroekonominiai veiksniai, kurie veikia tiek teigiamai tiek neigiamai nekilnojamojo turto kainas. Taigi toliau nagrinėjant būsto kainų kaitą, atliekama koreliacija tarp būsto kainos ir makroekonominių veiksnių (Dambrauskaitė, 2017).

3.2.1. Makroekonominių veiksnių koreliacija su nekilnojamojo turto kainomis

Lentelėje 14 matome koreliaciją, kuri parodo, kad nagrinėjami makroekonominiai veiksniai reikšmingai koreliuoja su būsto kainos kintamuoju. Kaip matome iš pateiktos lentelės kintamųjų ryšys tenkina Pirsono kriterijų, jų reikšmingumas nesiekia 0,05.

14 lentelė. Koreliacijos matrica (Būsto kainos rodikliai)

(sudaryta autorės naudojantis INVL Asset management pateiktais rodikliais, 2019)

Sample: 1998 2018

Included observations: 15

BŪSTO KAINA

| Correlation t-Statistic Probability | KAINA | BVP | GS | NL | SVKI | TUI |
|---|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| KAINA | 1.000000 ---- ---- | | | | | |
| BVP | -0.239541 -0.889577 0.038985 | 1.000000 ---- ---- | | | | |
| GS | 0.394785 1.549257 0.014531 | -0.354783 -1.368191 0.1944 | 1.000000 ---- ---- | | | |
| NL | -0.298006 -1.125620 0.028067 | 0.161262 0.589150 0.5659 | 0.235694 0.874443 0.3977 | 1.000000 ---- ---- | | |
| SVKI | 0.235109 -0.872148 0.039894 | -0.447331 -1.803367 0.0945 | 0.248217 0.923870 0.3724 | -0.266332 -0.996259 0.3373 | 1.000000 ---- ---- | |
| TUI | -0.528730 -2.245979 0.0427 | 0.385168 1.504846 0.1563 | -0.968307 -13.97839 0.0000 | -0.205086 -0.755508 0.4634 | -0.124279 -0.451594 0.6590 | 1.000000 ---- ---- |

Turint duomenų matricą, galima teigti, kad būsto kainos kintamieji koreliuoja su makroekonominiais veiksniais tokiais kaip gyventojų skaičius ir suderintu vartotojų kainų indeksu. Galima išsiplėsti, kad kuo didesni šių veiksmių rodikliai, tuo didės ir kainos.

Neigiamus koreliacijos ženklus turi veiksniai: bendras vidaus produktas, nedarbo lygis ir tiesioginės užsienio investicijos, tai reiškia, kad didėjant šių makroekonominių veiksmių rodikliams, mažės būsto kainos. Rodiklių kintamieji sudaro neigiamą koreliaciją, kuri svyruoja nuo -0,53 iki -0,23.

3.2.2. Makroekonominių veiksmių koreliacija su nekilnojamojo turto nuoma

Naudojantis 15 lentele, pastebime koreliaciją, nagrinėjančią makroekonominių veiksmių kintamųjų koreliacinę ryšį su būsto nuomos indeksu. Matomai, gyventojų skaičius, suderintas vartotojų kainų indeksas ir tiesioginės užsienio investicijos yra ryšys su nuomos kaina, kuris tenkina Pirsono kriterijų. Kintamieji svyruoja tarp 0,03 iki 0,05. Nedarbo lygis ir bendras vidaus produktas viršija reikšmingumo lygį 0,05. Tokiu atveju Pirsono kriterijaus kintamasis netenkina.

15 lentelė. Koreliacijos matrica (Būsto nuomos rodikliai)

(sudaryta autorės naudojantis Lietuvos statistikos departamento pateiktais rodikliais, 2019)

Sample: 1998 2018

Included observations: 15

BŪSTO NUOMA

| Correlation t-Statistic Probability | KAINA | BVP | GS | NL | SVKI | TUI |
|---|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| KAINA | 1.000000 ----- ----- | | | | | |
| BVP | -0.239541 -0.889577 0.054786 | 1.000000 ----- ----- | | | | |
| GS | 0.394785 1.549257 0.031189 | -0.354783 -1.368191 0.1944 | 1.000000 ----- ----- | | | |
| NL | -0.298006 -1.125620 0.064454 | 0.161262 0.589150 0.5659 | 0.235694 0.874443 0.3977 | 1.000000 ----- ----- | | |
| SVKI | 0.235109 -0.872148 0.039894 | -0.447331 -1.803367 0.0945 | 0.248217 0.923870 0.3724 | -0.266332 -0.996259 0.3373 | 1.000000 ----- ----- | |
| TUI | 0.528730 -2.245979 0.0427 | 0.385168 1.504846 0.1563 | -0.968307 -13.97839 0.0000 | -0.205086 -0.755508 0.4634 | -0.124279 -0.451594 0.6590 | 1.000000 ----- ----- |

Nagrinėjant koreliacijos matricą, matome, kad būsto nuomos kintamieji koreliuoja su gyventojų skaičiaus indeksu, suderintas vartotojų kainų indeksas ir tiesioginių užsienio investicijų indeksu. Tai parodo, kad didėjant šiems kintamiesiems, didės ir nuomos kaina. Kitu atveju, būsto nuomos kintamieji nekoreliuoja su bendro vidaus produkto ir nedarbingumo lygio rodikliais. Šie kintamieji rodo vidutinę neigiamą koreliaciją. Gauname, jog didėjant neigiamųjų koreliacijos kintamųjų reikšmėms, nuomos kainos mažės.

4. NEKILNOJAMOJO TURTO KAINOS PROGNOZAVIMAS TAIKANT MAŠININIO MOKYMOŠI METODĄ

Dirbtinis intelektas įgalina kompiuterines sistemas, galinčias atlikti sudėtingas užduotis, tokias kaip vertinimas, problemų sprendimas ir sprendimų priėmimas. Vienas iš efektyviausių metodų, kaip pasiekti dirbtinį intelektą, yra mašininis mokymas (Wolpert 1992). Tai yra kompiuterių mokslų sritis, kuria siekiama, kad inovatyvūs programinių įrankių modeliai, metodai mokytųsi iš turimų duomenų, juos apdorotų bei atliktų tyrimą ir prognozę.

Šioje darbo dalyje siekiama prognozuoti būsto dabartinę kainą naudojantis mašininio mokymosi (angl. – Machine Learning) metodu. Naudojamas automatinis neuronų tinklų algoritmas, suteikiantis galimybę atlikti būsto kainų prognozę, pagal turimus būsto parametrus. Anot J. Núñez-Tabales, J. Caridad ir F. J. Rey (2013) atliktoje analizėje patvirtina, kad neuronų tinklų algoritmas galimas naudoti turint pakankamai informacijos apie nekilnojamojo turto objektus, tiek išoriniai, tiek vidiniai būsto duomenys yra reikalingi atlikti tikslesniam tyrimui.

4.1. Modeliui naudojami duomenys

Mašininio mokymosi modeliui reikalingi nekilnojamojo turto objektų duomenys nuskaitomi iš Aruodas.lt ir Domoplius.lt. Butų skelbiama informacija automatiškai sugeneruojama iš nekilnojamojo turto skelbimų portalų. Parduodamų butų sąrašas eksportuojamas į tekstinį CSV tipo failą. Sugeneruotas pirminis, tekstinis failas su neapdorotais duomenimis (žr. 16 lentelę).

16 lentelė. Būsto duomenų bazė nuskaityta iš internetinių puslapių
(sudaryta autorės, naudojantis informacija iš Aruodas.lt ir Domoplius.lt, 2019)

| item-address-v3 | item-description-v3 | item-price-main-v3 | item-price-main-v3 2 |
|-----------------------------|---|---------------------------|----------------------|
| Pilaitė, Pilkalnio g. | 4 k., 82,64 m ² , 1/3 aukšt., 2019 m., mūrinis, aeroterminis, dalinė apdaila | (1 086 €/m ²) | €89747 |
| Bajorai, Bajorų kel. | 2 k., 44,11 m ² , 2/9 aukšt., 2020 m., mūrinis, centrinis kolektorinis, dalinė apdaila | (1 655 €/m ²) | €73000 |
| Pilaitė, Pilkalnio g. | 4 k., 83,03 m ² , 1/3 aukšt., 2019 m., mūrinis, aeroterminis, dalinė apdaila | (1 415 €/m ²) | €117500 |
| Pilaitė, M. Mažvydo g. | 2 k., 46,89 m ² , 1/5 aukšt., 2019 m., mūrinis, centrinis kolektorinis, įrengtas | (1 898 €/m ²) | €89000 |
| Viršuliškės, Viršuliškių g. | 2 k., 44,39 m ² , 10/11 aukšt., 2021 m., mūrinis, centrinis kolektorinis, dalinė apdaila | (1 901 €/m ²) | €84400 |
| Pašilaičiai, Budiniškių g. | 2 k., 45,69 m ² , 1/5 aukšt., 2020 m., mūrinis, centrinis kolektorinis, dalinė apdaila | (1 598 €/m ²) | €73000 |
| Bajorai, Bajorų kel. | 3 k., 57,83 m ² , 1/6 aukšt., 2021 m., mūrinis, centrinis kolektorinis, dalinė apdaila | (1 610 €/m ²) | €93100 |
| Senamiestis, Gedimino pr. | 5 k., 194 m ² , 5/5 aukšt., 1895 m., mūrinis, centrinis kolektorinis, įrengtas | (4 381 €/m ²) | €850000 |
| Justiniškės, Taikos g. | 1 k., 29,76 m ² , 1/4 aukšt., 2019 m., mūrinis, centrinis, dalinė apdaila | (1 731 €/m ²) | €51500 |
| Naujamiestis, Naugarduko g. | 1 k., 36,82 m ² , 3/4 aukšt., 2019 m., mūrinis, centrinis kolektorinis, dalinė apdaila | (2 295 €/m ²) | €84500 |

Į būsto duomenų bazę buvo nuskaityta visa skelbime esanti informacija, apie Vilniuje parduodamus butus, kurie patalpinti Aruodas.lt ir Domoplius.lt svetainėse. Mašininio mokymosi modeliui neapdoroti duomenys netinkami, nes yra daug nekorektiškų duomenų, kaip butai be nurodytos gatvės, kainos, kvadratų skaičiaus, todėl reikalinga duomenų bazės pertvarkymas.

Būsto reikalingi elementai išfiltruojami ir sutvarkoma duomenų bazė, pašalinant nereikalingas apie butą ypatybes, tokias kaip:

- ar namas, kuriame yra butas turi uždara kiemą;
- ar butas turi atskirą įėjimą;
- ar butas per kelis aukštus;

Kiekvienas butas, esantis šioje duomenų bazėje turi šias reikšmes:

- Gatvė
- Gyvenamasis rajonas
- Būsto dabartinė kaina
- Kvadrato kaina
- Kambarių skaičius
- Kvadratinių metrų skaičius
- Buto aukštas
- Bendras pastato aukštas

Sukonstruota būsto duomenų bazė atspindi pagrindinę informaciją apie nekilnojamojo turto objektą (būstą) (žr. 17 lentelę).

17 lentelė. Būsto duomenų bazė (sutvarkyta)

(sudaryta autorės, naudojantis informacija iš Aruodas.lt ir Domoplius.lt, 2019)

| Gatvė | Rajonas | Kaina (EUR) | Kvadrato kaina (EUR) | Kambarių skaičius | Kvadratai (m ²) | Aukštas | Namo aukštų skaičius |
|-----------|--------------|-------------|----------------------|-------------------|-----------------------------|---------|----------------------|
| Aguonų g. | Senamiestis | 101881 | 2599 | 2 | 39 | 2 | 5 |
| Aguonų g. | Senamiestis | 148191 | 2237 | 3 | 66 | 2 | 5 |
| Aguonų g. | Senamiestis | 77333 | 3041 | 1 | 25 | 2 | 5 |
| Aguonų g. | Senamiestis | 130532 | 2449 | 2 | 53 | 2 | 5 |
| Aguonų g. | Senamiestis | 133840 | 2390 | 2 | 56 | 2 | 3 |
| Aguonų g. | Senamiestis | 91983 | 2574 | 1 | 35 | 2 | 3 |
| Aguonų g. | Naujamiestis | 309000 | 3323 | 4 | 93 | 6 | 6 |
| Airių g. | Kalnėnai | 120000 | 949 | 4 | 126 | 1 | 2 |
| Ajerų g. | Antakalnis | 110000 | 968 | 4 | 113 | 1 | 2 |
| Algimanto | Karoliniškės | 62000 | 1333 | 2 | 46 | 4 | 9 |

Palyginami skelbimų masyvai: 2019 metų birželio 8 dieną ir 2019 metų gruodžio 31 dieną, kurie rodo, jog praėjus pusmečiui, visų parduodamų būsto skaičius padidėjo daugiau nei 2,5 karto (žr. 18 lentelę).

18 lentelė. **Nekilnojamojo turto duomenų bazės lyginimas**
(sudaryta autorės, naudojantis informacija iš Aruodas.lt ir Domoplius.lt, 2019)

| | 2019 m. birželio 8d. | 2019 m. gruodžio 31d. |
|--|----------------------|-----------------------|
| Butų skaičius iš Aruodas.lt | 951 | 3 083 |
| Butų skaičius iš Domoplius.lt | 843 | 1 439 |
| Iš viso: | 1 794 | 4 522 |
| Visą duomenų bazės masyvą sudaro: | 14 352 | 36 176 |

Sudaromos dvi unikalios duomenų bazės. Pirmoji duomenų bazė sudaryta nuskaičius duomenis iš parduodamų butų Vilniaus mieste. Duomenų bazė yra sudaryta iš 951 skirtingų butų su 8 skirtingais atributais iš Aruodas.lt internetinio puslapio. Antroji duomenų bazė sudaryta iš Domoplius.lt ir 843 butų su vienodu skaičiumi atributų, kaip ir pirmoji bazė.

Bendras duomenų bazės masyvas sudaro 50 528 unikalių elementų (*angl cell*). Visi atributai saugojami MySQL duomenų bazėje.

4.2. Modelio kūrimas

Turime sukurti modelį, kuris galėtų atlikti būsto kainų spėjimus. Taigi pradžioje duomenys iš duomenų bazės yra konvertuojami į CSV formato rinkmeną ir importuojami į programinį paketą MLJAR. MLJAR - tai programinis paketas, leidžiantis kurti mašininio mokymosi modelį. Jis suteikia galimybę importuoti duomenų rinkinį, pasirinkti norimus naudoti duomenų atributus ir nustatyti tinkamą algoritmą modelio kūrimui.

Šiam modeliui buvo pasirinktas neuronų tinklo (*angl. Neural Network*) ekstremalus gradiento didinimo algoritmas (*angl. Extreme Gradient Boosting*). Tai yra mašininio mokymosi algoritmas, skirtas prognozavimo modeliams kurti.

Apmokintas modelis gali nuspėti buto kainą, pagal pateiktus duomenis: kvadratų skaičių, buto aukštą, gatvę, rajoną, pastato aukštų skaičių. Tam buvo išrinkta 10 skirtingų butų esančių Vilniuje (duomenys paimti iš Domoplius.lt).

19 lentelė. Atsitiktinai parinkti butai

(sudaryta autorės, naudojantis informacija iš Domoplus.lt, 2019)

| Gatvė | Rajonas | Kaina (EUR) | Kvadrato kaina | Kambarių skaičius | Kvadratų skaičius | Aukštas | Namo aukštų skaičius |
|------------------|-------------|-------------|----------------|-------------------|-------------------|---------|----------------------|
| Gedimino pr. | Senamiestis | 110000 | 1897 | 2 | 58 | 1 | 4 |
| Svajonių g. | Valakampiai | 177000 | 2016 | 3 | 88 | 2 | 4 |
| Bitininkų g. | Jeruzalė | 66500 | 1705 | 1 | 39 | 7 | 8 |
| I. Kanto al. | Pilaitė | 79000 | 1113 | 3 | 71 | 2 | 5 |
| Pašilaičių g. | Pašilaičiai | 95000 | 1530 | 3 | 62 | 1 | 5 |
| Smėlio g. | Antakalnis | 122974 | 2170 | 3 | 56 | 2 | 7 |
| Gedimino pr. | Senamiestis | 165037 | 3224 | 2 | 51 | 2 | 3 |
| Karaliaučiaus g. | Pilaitė | 64000 | 1463 | 2 | 44 | 2 | 6 |
| Smėlio g. | Antakalnis | 79238 | 2748 | 1 | 29 | 5 | 7 |
| T. Kosciuškos g. | Antakalnis | 139000 | 2780 | 2 | 50 | 1 | 1 |

Tai yra realūs skelbimų duomenys (žiūrėta: 2019-06-08) ir šis duomenų rinkinys bus naudojamas kainų prognozavimui. Tikra buto kaina yra pavaizduota tam, kad galėtume palyginti kaip skiriasi reali, skelbime esanti kaina ir mūsų modelio prognozės kaina.

Taigi, panaudojant sukurtą ir apmokintą modelį, gauname šias kainų prognozes (žr. 20 lentelę).

20 lentelė. Butų kainų prognozės

(sudaryta autorės, naudojantis MLJAR programiniu įrankiu)

| Gatvė | Rajonas | Kaina (EUR) | Prognozės kaina (EUR) |
|------------------|-------------|-------------|-----------------------|
| Gedimino pr. | Senamiestis | 110000 | 107652.5 |
| Svajonių g. | Valakampiai | 177000 | 178924.21875 |
| Bitininkų g. | Jeruzalė | 66500 | 67490.171875 |
| I. Kanto al. | Pilaitė | 79000 | 80708.1953125 |
| Pašilaičių g. | Pašilaičiai | 95000 | 95759.3359375 |
| Smėlio g. | Antakalnis | 122974 | 124215.328125 |
| Gedimino pr. | Senamiestis | 165037 | 164364.125 |
| Karaliaučiaus g. | Pilaitė | 64000 | 65582.6796875 |
| Smėlio g. | Antakalnis | 79238 | 77472.109375 |
| T. Kosciuškos g. | Antakalnis | 139000 | 138666.515625 |

Kalbant apie kainų prognozės rezultatus galima pastebėti, kad mūsų turimos kainos nuo prognozės kainos skiriasi labai minimaliai. Taigi naudodamiesi turimais prognozių įvertinimais galima įvertinti prognozavimo metodų tikslumą.

Iš 21 lentelės matome, kad prognozės vidutinė procentinė absoliutinė paklaida (MAPE) siekia vos 1,4. Šis rodiklis parodo, kad prognozavimas vyko sėkmingai ir prognozavimo tikslumas apibrėžiamas kaip - labai tikslus. Primenant, kad MAPE, procentinė dalis mažesnė nei 10, priklauso labai tiksliai prognozių klasifikacijai. Iš pateiktos lentelės 13 matome nekilnojamojo turto butų kainos tikslumo prognozės vertinimą. Turimas vidutinės absoliutinės paklaidos rodiklis (MAE) siekia 1332,568, o turimų rezultatų absoliučios paklaidos vidurkis yra 13325,680. Tai parodo, kad rodiklių reikšmės viena nuo kitos nenuotolę ir prognozavimo kokybė atitinkamai labai gera. Analizuojant vidutinę kvadratinę paklaidą (MSE), turimais duomenimis rodiklis siekia 2141644,948, kai tuo tarpu RMSE rodiklis yra 1463,436. Lyginant su turimais prognozių bei realios kainos apskaičiavimais galima teigti, kad prognozė atlikta tiksliai (žr. 20 lentelę).

21 lentelė. Butų kainų prognozės tikslumo įvertinimas

(sudaryta autorės, naudojantis informacija iš Aruodas.lt ir Domoplius.lt, 2019)

| Prognozės tikslumo įvertinimas | Reikšmės |
|--------------------------------|-------------|
| MAE | 1332,567969 |
| MSE | 2141644,948 |
| RMSE | 1463,436008 |
| MAPE | 1,403035321 |

Taigi įveikus duomenų apdorojimo problemas, kurios iškilo automatiškai surenkant duomenis iš Aruodas.lt ir Domoplius.lt nekilnojamojo turto skelbimų portalo ir eksportuojant į duomenų bazę. Apdorotų duomenų pagalba, buvo sukurtas modelis, kuris gali atlikti būsto kainos prognozę. O prognozavimas yra paremtas prielaida, kad busimos būsto kainos paremtos turimais praeities duomenimis. Daroma prielaida, kad praeities dėsningumai atitinkamai atsikartos prognozėse. Taigi galima teigti, kad gyvenamojo būsto kainos prognozė atlikta pakankamai tiksliai. Buto kainų prognozės tikslumui įvertinti pasitelkti 5 pagrindiniai paklaidų įvertinimo rodikliai, kurie apibendrina prognozės sėkmingumą.

4.3. Modelio testavimas

Sumodeliavus reikalingų parametrų struktūrizuotą paketą, galima paminėti, kad privalu atlikti testavimo procedūrą. Norint pasiekti itin tikslų rezultatą, šiam etapui yra

sukuriama testinė duomenų imtis, kaip teorinėje dalyje paminėta, ji privalo būti tokia pati arba labai panaši į tikrąją - realiąją duomenų imtį. Šiuo atveju yra paimama tikrosios duomenų imties kopija su visais reikalingais imties parametrais ir naudojama testinėje duomenų valdymo sistemoje MLJAR_copy. Testinės imties sukūrimas atlieka funkcija, kuri padeda kontroliuoti modelio prisitaikymą prie mokymo imties duomenų. Svarbu paminėti, kad testiniai pavyzdžiai dažnai yra automatizuoti pagal tam tikrus funkcinis parametrus: gatvė, rajonas, kaina, kvadrato kaina, kambarių skaičius, kvadratai(m²), aukštas, namo aukštų skaičius.

Įvairūs testavimo scenarijai surašomi į sarašą, kuriuo vadovaujantis galima veiksmingiau atlikti testavimo darbus. Aiškiai minimos visos (prieš bandymą) būtinos sąlygos:

1. Daroma prielaida, kad jau praeityje buvę dėsningumai atsikartos ateityje;
2. Turimi ankstesnių duomenų analizių dėstingumai ir ryšys gali atsirasti tik tyrimo metu;

Verta paminėti, jeigu testavimo metu atlikta prognozė nėra tinkama ar labai netikslė, galime palyginti nekilnojamojo turto išėjimų koeficientus su turimais prognozių duomenimis arba su realiais duomenimis.

Apibendrinus galima teigti, kad testavimo metu atlikta sėkminga prognozė, kuri pagal pateiktus parametrus nustatė būsto kainą, su labai minimalia paklaida.

4.4. Modelio analizė ir vertinimas

Duomenų apmokinimo rinkinyje, dažniausiai pasikartojanti gatvė – Kalvarijų, mažiausiai – Linkmenų ir Geležinio Vilko gatvės. Kalvarijų g. butų skaičius siekia 30, tai rodo, kad šioje gatvėje vyrauja didžiausia butų pasiūla. Tuo tarpu Linkmenų ir Geležinio Vilko gatvėse butų skaičius siekia tik po 14. Iš viso duomenų apmokinimo rinkinyje buvo panaudotos 238 skirtingos gatvės.

Apžvelgiant gyvenamuosius rajonus, didžiausią dalį sudaro Naujamiestis – 92 butai. Toliau seka Senamiestis - 88, Pašilaičiai – 83 ir Pilaitė – 79 butai. Mažiausiai pasiūloje esantis ir butų turintis rajonas yra Baltupiai. Jame yra tik 32 gyvenamosios paskirties butai. Duomenų apmokymo rinkinyje buvo panaudoti 48 skirtingi gyvenamieji rajonai Vilniuje.

Vienas iš svarbiausių duomenų apmokinimo rinkinyje egzistuojančių reikšmių yra kaina, kuri parodo rinkoje esančių butų vertę. Didžiausia buto kaina šiame rinkinyje yra 1 500 000 EUR - tai butas esantis Šnipiškių mikrorajone, kuriame yra net 314 kvadratinių metrų. Mažiausia buto kaina – 6 000 EUR esančiame Paneriuose, tai bendrabučio tipo

butas. Visos duomenų bazės butų kainų vidurkis yra 112 980 EUR, mediana siekia 88 000 EUR, o standartinis kainų nuokrypis yra 93 535 EUR.

Buto kvadrato kaina yra taip pat labai reikšminga, nes tai atspindi gyvenamuose rajonuose esančių butų vertę. Lyginant butų kvadratų kainas Senamiesčio ir Naujamiesčio mikrorajonuose, matomas stiprus skirtumas. Apmokinimo duomenų rinkinyje mažiausia buto kvadrato kaina yra 339 EUR, o didžiausia - 5 882 EUR. Standartinis buto kvadrato kainos nuokrypis siekia 724,11 EUR. Turimas visų duomenų bazėje esančių butų kvadrato kainų vidurkis lygus 1 856,13 EUR, o mediana siekia 1 683 EUR.

Kalbant apie kambarių skaičių, reikia pastebėti, kad šiame rinkinyje, vidutiniškai butas turi 2.38 kambarius. Tad galima teigti, kad vidutiniškai, perkamiausi yra 2 - 3 kambarių butai. Daugiausiai kambarių turintis butas yra su 7 kambariais. Kambarių mediana siekia 2 kambarius, o vidutinis kambarių nuokrypis yra 7.

Modeliui sukurti, itin svarbų vaidmenį atlieka kvadratiniai metrai. Apmokinimo modelyje mažiausio buto kvadratinių metrų skaičius siekia 12. Didžiausias butas yra 314 kvadratinių metrų. O duomenų bazėje esančių visų butų kvadratinių metrų vidurkis siekia 58,95.

Vidutinis parduodamų butų aukštas yra 3,4, kai bendras pastato aukštų skaičius siekia 5,72. Iš to galima padaryti išvadą, kad didžiausią pasiūlą sudaro butai, esantys 3 - 4 aukšte. Aukščiausiame aukšte parduodamas butas yra 25 aukšte, kai to pastato aukštų skaičius yra 27. Nesunku nuspėti, kad šis butas yra ir pats brangiausias. Parduodamų butų aukštų mediana siekia 3, o standartinis nuokrypis 2,53.

Apibendrinant galima teigti, kad modelis yra apmokintas pagal turimą duomenų rinkinį, duomenys paruošti ir gali būti naudojami tolimesnėse būsto kainų prognozėse.

IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

Nekilnojamojo turto rinkos tyrimo atlikimą sunkina duomenų apimties masyvas ir prieinamumas. Informacinių technologijų progreso dėka, stipriai tobulėjo programiniai įrankiai, metodai, automatizuojami algoritmai. Vienas iš inovatyviausių, efektyviausių metodų, kaip pasiekti dirbtinį intelektą yra mašininis mokymas, ypatingas tuo, kad šiuolaikinių technologijų pagalba padeda pagerinti nekilnojamojo turto rinkos analizes bei atlikti reikalingas prognozes. Šis metodas padeda išspręsti duomenų apimties ir apdorojimo problemas. Dirbtinis intelektas įgalina kompiuterines sistemas, galinčias atlikti sudėtingas užduotis, tokias kaip vertinimas, problemų sprendimas ir sprendimų priėmimas. Neuronų tinklų algoritmai, naudojami siekiant automatizuoti, gerinti valdymo strategijas, atliekant strategines hipotezes.

Išnagrinėjus Lietuvos ir užsienio autorių mokslinę literatūrą bei kitus informatyvius šaltinius, galima teigti, kad mašininio mokymosi metodo pagalba, neuroninis tinklas „atpažįsta“ nekilnojamojo turto būsto kainoms turinčių veiksnių įtaką ir turi galimybę ją apskaičiuoti bei įvertinti matematinių formulių forma. Taikant turimą matematinę išraišką, galima prognozuoti nekilnojamojo turto kainas ateityje. Atlikus išsamią nekilnojamojo turto vertinimo metodų analizę galima teigti, kad mašininis mokymas dar tik ateina į šviesą, atlikti tyrimai ne dažnai naudojami realybėje. Priežastis yra dėl nekilnojamojo turto duomenų didelės apimties bei parametrų kintamumo. Tačiau vis daugiau mokslininkų bei įmonių bando naudoti mašininio mokymosi metodą.

Pagrindiniai darbo rezultatai yra tokie: suformuota tyrimo metodika, kuri paremta keturių etapų modeliu; Pirmuoju analizės etapu buvo nustatyta makroekonominių rodiklių tarpusavio ryšys ir priklausomybė bei nagrinėjami rodikliai, jų dinamika ir struktūra. Pradžioje apibrėžiami pagrindiniai šalies nekilnojamąjį turtą veikiančys rodikliai, įvertinami veiksniai, turėję įtakos tam tikrų rodiklių pokyčiams. Nustatyta, kad didžiausią įtaką nekilnojamajam turtui darantys veiksniai yra bendras vidaus produktas, nedarbo lygis, tiesioginės užsienio investicijos, suderintasis vartotojų kainų indeksas, nuolatinių gyventojų skaičius, leistų statyti butų skaičiaus pokytis. Ekonometriniams rodikliams vertinti bei prognozuoti naudojami Holto Winterio sezoninis multiplikatyvusis, sezoninis adityvusis, tiesinis modeliai. Šies rodikliams nustatyti buvo pasitelktas Eviews programinis paketas.

Antruoju analizės etapu, naudojantis Pirsono kriterijumi nustatyta, kad makroekonominiai veiksniai veikia tiek teigiamai, tiek neigiamai nekilnojamojo turto kainas. Atlikus būsto kainų koreliaciją su makroekonominiais veiksniais, galima teigti,

kad makroekonominiai veiksniai (gyventojų skaičius ir suderintu vartotojų kainų indeksas) reikšmingai koreliuoja su būsto kainos kintamaisiais, nes kintamųjų ryšys tenkina Pirsono kriterijų. Išnagrinėjus makroekonominių veiksnių kintamųjų koreliacinį ryšį su būsto nuomos indeksu, galima teigti, kad, gyventojų skaičius, suderintas vartotojų kainų indeksas ir tiesioginės užsienio investicijos turi kintamųjų ryšį su nuomos kaina, kurie tenkina Pirsono kriterijų.

Trečiuoju analizės etapu buvo surenkami, apdorojami tyrimui reikalingi duomenys. Įveikus duomenų apdorojimo problemas, kurios iškilo automatiškai surenkant duomenis iš Aruodas.lt ir Domoplius.lt nekilnojamojo turto skelbimų portalo, duomenys buvo eksportuojami į duomenų bazę MySQL. Duomenų bazė apdorojama, sutvarkant ir pašalinant nereikalingas ypatybes apie butus. Tikslas išeliminuoti tokius parametrus, kurie neturi įtakos tyrimui. Taigi, kiekvienas nuskaitytas butas turi šią informaciją: gatvė, rajonas, kaina, kvadrato kaina, kambarių skaičius, bendras kvadratų skaičius, aukštas, namo aukštų skaičius. Sukuriama unikali duomenų bazė.

Ketvirtuoju analizės etapu, apdorotų duomenų pagalba buvo sukurtas modelis. Atlikus tyrimą nustatyta, kad mašininis mokymas tai inovatyviausias metodas, kuris su nedidele paklaida nustatė nekilnojamojo turto objektų kainas Vilniaus mieste. Prognozavimo daroma prielaida, kad praeities dėsningumai atitinkamai atsikartos prognozėse. Taigi galima teigti, kad gyvenamojo būsto kainos prognozė atlikta pakankamai tiksliai. Buto kainų prognozės tikslumui įvertinti pasitelkti 5 pagrindiniai paklaidų įvertinimo rodikliai, kurie apibendrina prognozės sėkmingumą.

Pritaikę mašininį mokymą galima teigti, kad tai yra labai perspektyvi nekilnojamojo turto sritis, kuri dar nėra labai gerai išplėtotą. Pasitelkę istorinius duomenis ir panaudoję mašininį mokymą galima nuspėti būsto vertę, kuri gali būti kaip rodiklis, norint parduoti savo turtą. Žiūrint į ateities perspektyvas, būtų galima istorinius duomenis papildyti ir įvairiais ekonominiais rodikliais, kas leistų prognozuoti nekilnojamojo turto kainas keliems metams į priekį, ir taip numatyti, kada yra geriausias laikas pirkti ar parduoti nekilnojamąjį turtą.

Literatūros sąrašas

1. Albon, C. (2017). Prieiga per internetą: https://chrisalbon.com/deep_learning/keras/k-fold_cross-validating_neural_networks/ (žiūrėta 2019 m. birželio 1 d.).
2. Aleknavičius, A. (2008). Nekilnojamojo turto vertinimas, (p. 59-72); Kaunas: Ardiva.
3. Amato, M. (2007). „Comparing Rough Set Theory with Multiple.“ International real estate review.
4. Aruodas.lt. Prieiga per internetą: <https://m.aruodas.lt/> (žiūrėta 2019 m. birželio 8 d. ir gruodžio 31d.).
5. Azbainis, V, ir V Rudzkieñė. (2011). Pereinamojo laikotarpio ir ekonomikos krizės poveikio nekilnojamojo turto rinkai vertinimas (p. 150-161). Prieiga per internetą: <http://etalpykla.lituanistikadb.lt/fedora/objects/>, (žiūrėta 2018 m. lapkričio 11 d.).
6. Baldominos, A, I Blanco, A, J Moreno, R Iturrarte, O Bernárdez, ir C Afonso. (2018). „Identifying Real Estate Opportunities Using.“ Applied Sciences (p.1-23).
7. Balk, B., J. De Haan, ir E. Diewert. (2011). „Handbook on Residential Property Prices Indices.“
8. Bankas, Lietuvos. 2019-03-27. „Lietuvos ekonomikos raida ir perspektyvos.“
9. Bikas, E, ir A Laurinavičius. (2009). „Finansų ir nekilnojamojo turto investicijų portfelio formavimo aspektai ir galimybės.“ Verslas: teorija ir praktika 118–129.
10. Bonnet, O. (2012). „Hedonic prices in the Paris housing market and an analysis of the willingness.“
11. Brenkevičiūtė, R. (2010). „Tiesioginių užsienio investicijų poveikio šalies ekonomikai analizė.“ Mokslas - Lietuvos ateitis.
12. Brynjolfsson, E, ir L Wu. (2015). The Future of Prediction: How Google Searches Foreshadow Housing Prices and Sales (p. 89 – 118). Prieiga per internetą: <https://www.nber.org/chapters/c12994.pdf.>, (žiūrėta 2018 m. lapkričio 11 d.).
13. Brzeski, W. J., G. Dobrowolski, E.P. Kozłowski, S. Sędek, V. Jaruševičius, ir S. Mitkus. (2006). Nekilnojamojo turto vadovas. Vilnius.
14. Cohen, V. (2012). Komercinio nekilnojamojo turto rinkos modeliai ir veiksniai globalizacijos (p. 18-29). Vilniaus universiteto ekonomikos fakultetas: Lietuvos turto vertintojų.
15. Dambrauskaitė, J. (2017). „ESTEP Vilnius.“ 2014–2020 m. ES fondų investicijų poveikio Lietuvos ūkiui ir plėtros prioritetų 2021-2027m. vertinimas.
16. Devon, K., F. Crone Barrow, ir F. Crone Sven. (2013). „Crogging (Cross-Validation Aggregation) for Forecasting – a novel algorithm of Neural Network Ensembles on Time Series Subsamples

17. DiPasquale, D, ir W Wheaton. (1992). „The Market for Real Estate Assets and Space; A Conceptual Framework (p. 181–97).“ Real Estate Economics. Prieiga per internetą: <http://www00.unibg.it/dati/corsi/60002/37673-DiPasquale-Wheaton.pdf>., (žiūrėta 2018 m. lapkričio 11 d.).
18. Domoplius.lt. Prieiga per internetą: <https://domoplius.lt/>. (žiūrėta 2019 m. birželio 8 d. ir gruodžio 31d.).
19. Eurosistema, „2018 m. kovo mėn. ECB ekspertų makroekonominės prognozės euro zonai.“ Europos Centrinis Bankas.
20. Eurostat. Prieiga per internetą: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (žiūrėta 2019 m. birželio 2 d.).
21. „Finansų ministerijos makroekonomikos prognozė 2019-2022 metams.“ Mano vyriausybė. 03 21 d.
22. Fisher, J. D. (1992). Integrating Research on Markets for Space and Capital. American Real Estate and Urban Economics Association.
23. Galinienė, B. (2004). Turto ir verslo vertinimo sistema. Vilnius.
24. Galinienė, B, A Marčinskas, ir S Malevskienė. (2006). Baltijos šalių nekilnojamojo turto rinkos ciklai (p. 161-167). Prieiga per internetą: <http://elibrary.lt/resursai/Ziniasklaida/Aukstosios/UKIO%20TECHNOLOGINIS%20IR%20EKONOMINIS%20VYSTYMAS/2004/>.pdf>. (žiūrėta 2018 m. lapkričio 11 d.).
25. Gasionis, A, ir G Kasparavičius. (2006). Nekilnojamojo turto administravimas.
26. Geltner, D. M, N. G Miller, J Clayton, ir P Eichholtz. (2007). Commercial real estate analysis.
27. Giedraitis, V., D. Klimašauskienė, R. Paliulytė, ir A Rastenienė. (2012). Atvejų analizė ekonomikos teorijoje. Vilnius: Vilniaus universiteto leidykla.
28. Ginevičius, R, V Zubrecovas, ir T Ginevičius. (2009). Nekilnojamojo turto investicinių projektų efektyvumo vertinimo metodikos. Vilnius: Vilniaus Gedimino ir technikos universitetas.
29. Greef, J, ir T, R Haas. (2000). Housing price, bank lending and monetary policy.
30. Guenther, H. (2001). „Neural Networks: Biological Models and Applications.“ Esantis International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences, 10534-10537. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/topics/social-sciences/neural-network>. (žiūrėta 2019 m. gegužės 9 d.).
31. Hall, C. (2004). Timing the real estate market: how to buy low and sell high in real estate. NY.
32. Hilbers, P, L Zacho, ir Q Lei. (2001). „Real estate developments and financial sector soundness.“

33. Howell, L., D. (2014). „Evaluating Political Risk Forecasting Models: What works?“ Thunderbird International business review 305-316.
34. „Investologija.lt.“ Investavimas į nekilnojamąjį turtą. Prieiga per internetą: <https://investologija.lt/investavimas/kur-investuoti/investicijos-i-nekilnojama-turta/>. (žiūrėta 2019 m. gegužės 08 d.).
35. Jančiauskas, B., Maceika.A., Strazdas R., Toločka E., ir I Zabieliavičienė. (2012). Pramonės įmonių valdymas, planavimas, organizavimas, vadovavimas. Vilnius "Technika".
36. Jiang, L, ir Peter, C, B. ir Yu, J Phillips. (2014). „A NEW HEDONIC REGRESSION FOR REAL ESTATE PRICES.“
37. „Investavimas į nekilnojamąjį turtą.“ (2012) Investologija.lt. Prieiga per internetą: <https://investologija.lt/investavimas/kur-investuoti/investicijos-i-nekilnojama-turta/> (žiūrėta 2019 m. lapkričio 08 d.).
38. Korpacz, K. (2008). Real Estate Investment; A Value Based Approach.
39. Kou, G., X. Chao, Y. Peng, F. Alsaadi., ir E Herrera-Viedma. (2019). „Machine learning methods for systemic risk analysis in financial sector.“ Technological and Economic Development of Economy 716–742.
40. Kvedaravičienė, I. (2012). „Lietuvos komercinio nekilnojamojo turto rinkos funkcionavimo ypatumai.“ Lithuanian commercial real estate market functioning peculiarities 90-101.
41. Lietuvos bankas, Eurosistema. 2017-12-19. „Lietuvos ekonomikos raida ir perspektyvos .“
42. Lietuvos NT rinkos bei makroekonominių rodiklių. Prieiga per internetą: <http://www.ntspekuliantai.lt/lt/statistika/u/lietuva> (žiūrėta 2019 m. lapkričio 08 d.).
43. Lietuvos statistikos departamentas. Prieiga per internetą: <https://www.stat.gov.lt/>. (žiūrėta 2019 m. gruodžio 12 d.).
44. Lovalekar, Sampada. (2014). „Big Data: An Emerging Trend In Future.“ Depart of IT, SIES Graduate School of Technology, 538-542.
45. Mačernytė, R. (2011). Ekonometrinis Baltijos šalių nekilnojamojo turto rinkos prognozavimas. Vilniaus Gedimino technikos universitetas.
46. Mayer-Schönberger, V, ir K Cukier. (2013). Big Data: A Revolution That Will Transform How We Live, Work and Think. United States of America.
47. Makūnaitė, R. (2006). „Neuroniniai tinklai.“
48. Manyika, J, M Chui, B Brown, J Bughin, R Dobbs, ir C Roxburgh. (2011). „Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity.“ Prieiga per internetą: <https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/big-data-the-next-frontier-for-innovation>. (žiūrėta 2019 m. lapkričio 11 d.).

49. McCulloch, W., ir W. Pitts. (1943). „A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity.“ *Bulletin of Mathematical Biophysics* 115-133.
50. Mitrea, C, M Lee, ir Z Wu. (2009). „A Comparison between Neural Networks and Traditional Forecasting Methods: A Case Study.“
51. MLJAR. Prieiga per internetą: <https://mljar.com/>.(žiūrėta 2019 m. lapkričio 11 d.).
52. mokslai.Lietuviuzodinas.lt. Prieiga per internetą: <https://mokslai.lietuviuzodinas.lt/ekonomika/>
53. matematika-ekonometrikoje. (žiūrėta 2019 m. gruodžio 11 d.).
54. Navickas, V. (2017). „MTEP PASLAUGOS „NEKILNOJAMOJO TURTO EKONOMINIO NUVERTĖJIMO APSKAIČIAVIMAS“.“
55. „Nekilnojamo turto vertinimo metodika.“ *Nekilnojamo turto vertinimo metodika*. Prieiga per internetą: <https://www.junesta.lt/>.(žiūrėta 2019 m. gruodžio 12 d.).
56. Núñez-Tabales, J., J. Caridad, ir F. J. Rey. (2013). „Artificial neural networks for predicting real estate prices.“ *Revista de metodos cuantitativos para* 29-44.
57. Ober-Haus.(2019) Gyvenamojo nekilnojamojo turto rinkos komentaras. Prieiga per internetą:<https://www.ober-haus.lt/wp-content/uploads/OH-Gyvenamasis-2019-III-ketv.pdf>. (žiūrėta 2019 m. gruodžio 12 d.).
58. Orlovska, D. (2015). „Latvijos–Lietuvos pasienio urbanizuotų teritorijų investicijų pritraukimo strategija.“ Prieiga per internetą: http://inkubatorius.lt/wp-content/uploads/2017/08/LV_LT_strategija_2015.pdf. (žiūrėta 2019 m. gruodžio 12 d.).
59. Park, B, ir Bae, J Kwon. (2014). Using Machine Learning Algorithms for Housing Price Prediction: The Case of Fairfax; 2928–2934. lapkritis 26 d. Prieiga per internetą: <https://dokumen.tips/documents/using-machine-learning-algorithms-for-housing-price-prediction-the-case-of.html>. (žiūrėta 2019 m. gruodžio 12 d.).
60. Peng. (2008). Prieiga per internetą: „Property market and the macroeconomy of mainland China (p. 240-258).“
61. Płoński, P. (2017). Prieiga per internetą: <https://www.kdnuggets.com/2017/01/automated-machine-learning-mljar-kaggle.html>.
62. Pumput, K., ir J Šliogerienė. (2014). NT rinkos ir jos cikliškumų analizė makroekonominiu aspektu.
63. Remeikienė, R. (2018). „Investavimo į nekilnojamąjį turtą transformacijos.“ Lietuvos agrarinės ekonomikos institutas,.
64. Rogers, D, ir S. Y. Koh. (2017). „The globalisation of real estate: the politics and practice of foreign real estate investment.“ *International Journal of Housing Policy* 1-13.

65. Rojaka, J., ir I Genytė-Pikčienė. (2013). „Baltijos šalių ekonomikos perspektyvos - Luminor.“ Prieiga per internetą: https://www.luminor.lt/sites/default/files/old/research/baltijos_saliu_ekonomikos_perspektyvos_2013_ruduo.pdf. (žiūrėta 2019 m. gruodžio 12 d.).
66. Rosen, S. (1974). „Hedonic Prices and Implicit Markets.“
67. Rutkauskas, A. V. (2001). Nekilnojamo turto plėtotė, investicijos ir rizika. Vilnius.
68. Simanavičienė, Ž., ir E Keizerienė. (2011). Makroekonominių veiksnių įtaka Lietuvos nekilnojamojo turto rinkos krizei. *Ekonomika ir vadyba*.
69. Simanavičienė, Ž., L Žalgirytė, ir E Keizerienė. (2012). Lietuvos nekilnojamojo turto rinka: nekilnojamojo turto ir statybos kainų analizė.
70. Sims, C, A. (1980). *Macroeconomics and reality* (p.1-48). *Econometrica*.
71. Skirelienė, D. (2019). „Lietuvos statistikos departamentas, kainų statistikos skyrius.“ Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/documents/10180/5118910/Suderinti+vartotoj%C5%B3+kain%C5%B3+indeksai+%28SVKI%29%2C+kain%C5%B3+poky%C4%8Di+2C+suderinti+vartotoj%C5%B3+kain%C5%B3+indeksai+pagal+pastovius+mokes%C4%8Di%C5%B3+tarifus+ir+svoriai+%5BLT%5D+603.html>. (žiūrėta 2019 m. gruodžio 12 d.).
72. Sun, B., S. Zheng, ir H. Liu. (2004). „A comparative study on the investment value of residential property and stocks.“ *International Journal of Strategic Property Management* 63-85.
73. Šarkinienė, E, ir L Gaigalienė. (2005). Vilniaus miesto gyvenamųjų objektų rinkos analizė ir vystymosi tendencijos priklausomai nuo dislokacijos vietos. Vilnius.
74. Švogžlys, ir Chlivickas. (2016). ES struktūrinė parama: poveikis Lietuvos viešojo sektoriaus raidai. 1(49)-2(50). Lietuvos viešojo administravimo lavinimo institucijų asociacija.
75. Tashman, J. (2000). „Out-of-sample tests of forecasting accuracy: an analysis and review.“ *International Journal of Forecasting* 438-449.
76. Titarenko, V., J. Zabelaitė, R. Rudzkis, ir J. Rojaka. (2007). „Europos technologinių platformų ir pramoninių klasterių nacionalinis biuras.“ Verslo sąlygos ir jų gerinimas Lietuvoje. Prieiga per internetą: http://eimin.lrv.lt/uploads/eimin/documents/files/imported/lt/strategija/doc08/Vs_Idalis.pdf. (žiūrėta 2019 m. gruodžio 12 d.).
77. Tupėnaitė, L. (2007). „Neuroninių tinklų taikymas nekilnojamojo turto kainoms prognozuoti.“ Vilniaus Gedimino technikos universitetas.
78. Tupėnaitė, L., ir Kanapeckienė. (2009). „Nekilnojamojo turto kainų burbulas ir jo pasekmės Baltijos šalims.“ *Mokslas - Lietuvos ateitis*.
79. Velasco, G. (2019). „Mokslas ir technologijos.“ IQ. 01 16 d. Prieiga per internetą: <https://naujienos.alfa.lt/leidinys/iq/guillermo-velasco-smegenu-dirbtinis-intelektas-neaplenks/>. (žiūrėta 2019 m. gruodžio 12 d.).

80. Venclaukienė, D, V Snieška, ir L Vasiliauskienė. (2011). Skirtingos kainos tam pačiam gyvenamosios paskirties nekilnojamojo turto objektui pereinamosios ekonomikos šalyje? (p. 441-445). *Ekonomika ir vadyba*. Prieiga per internetą: <http://etalpykla.lituanistikadb.lt/fedora/objects/LT-LDB-0001:J.04~2011~1367176921496/datastreams/DS.002.0.01.ARTIC/content>. (žiūrėta 2019 m. gruodžio 12 d.).
81. Verikas, A. (2009). „Visuotinė lietuvių enciklopedija.“ Prieiga per internetą: <https://www.vle.lt/Straipsnis/neuroninis-tinklas-8469>. (žiūrėta 2019 m. gruodžio 12 d.).
82. Witkiewicz, W. (2002). „The use of HP-filter in constructing real estate cycle indicators (p. 64 – 87).“ (*Journal of Real*).
83. Wolchuk, I. (1999). *Exploring Real Estate Investments*. Prieiga per internetą: https://www.investopedia.com/university/real_estate/. (žiūrėta 2019 m. gruodžio 12 d.).
84. Wolpert, H. D. (1992). „Stacked Generalization.“ 240–260.
85. Zosel, W. (2013). *Opportunities and Challenges for Big Data in the Automotive Industry*. T-Systems International GmbH.

THE ANALYSIS AND MACHINE LEARNING EVALUATION OF INVESTMENTS INTO REAL ESTATE MARKET

Kornelija DADURKAITĖ

Master's Thesis

Finance and banking program

Vilnius University, Faculty of Economics and Business

Administration Department

Supervisor – Lekt. D. Saikevičius

Vilnius, 2019

SUMMARY

67 pages, 21 charts, 15 pictures, 85 references.

The *main aim* of this master thesis is to analyze and evaluate the real estate market using machine learning.

The work consists of three main parts: the analysis of literature, the description of empirical research process, its methods and results. In addition, the conclusion is presented.

In the empirical research the comparison of the results of macroeconomics indicators such as Gross Domestic Product, Unemployment rate and other indicators were carried out in the period of 2008 – 2018. The prognosis of these indicators is calculated till 2022.

The analysis of the literature provides valuation and a deep learning prediction of real estate market. The main aim of this paper is by developing the machine learning method and automatic value estimation to identify the varieties of the price in the real estate regarding the street and the region. The model is going to be useful for real estate investors who want to predict the price. The neural network model is presented by doing prediction of large amount of databases. The housing market is vulnerable to price fluctuations regarding available correlations with many factors and variables that have the most impact on the price of the unit. These variables should be taken into consideration.

The final prediction of the research is successfully done with the help of software. The real estate price prediction using advanced technologies, such as statistical modelling using MySQL server for data storage and machine learning in real estate valuation is new and innovative for real estate investors.

Priedai

1 priedas. Duomenų imtis

(sudaryta autorės, naudojantis šaltiniu Aruodas.lt., 2019)

| Nr. | Gatvė | Rajonas | Kaina (EUR) | Kvadrato kaina (EUR) | Kambarių skaičius | Kvadratai (m ²) | Aukštas | Namo aukštų skaičius |
|------|--------------------------|--------------|-------------|----------------------|-------------------|-----------------------------|---------|----------------------|
| 1 | Aguonų g. | Senamiestis | 237360 | 2400 | 4 | 98 | 3 | 6 |
| 2 | Aguonų g. | Senamiestis | 199930 | 2675 | 3 | 74 | 5 | 6 |
| 3 | Aguonų g. | Senamiestis | 300000 | 3750 | 3 | 80 | 3 | 6 |
| 4 | Aguonų g. | Senamiestis | 74906 | 2786 | 1 | 26 | 2 | 5 |
| 5 | Aguonų g. | Senamiestis | 167941 | 2611 | 3 | 64 | 2 | 5 |
| 6 | Aguonų g. | Senamiestis | 101881 | 2599 | 2 | 39 | 2 | 5 |
| 7 | Aguonų g. | Senamiestis | 148191 | 2237 | 3 | 66 | 2 | 5 |
| 8 | Aguonų g. | Senamiestis | 77333 | 3041 | 1 | 25 | 2 | 5 |
| 9 | Aguonų g. | Senamiestis | 130532 | 2449 | 2 | 53 | 2 | 5 |
| 10 | Aguonų g. | Senamiestis | 133840 | 2390 | 2 | 56 | 2 | 3 |
| 11 | Aguonų g. | Senamiestis | 91983 | 2574 | 1 | 35 | 2 | 3 |
| 12 | Aguonų g. | Naujamiestis | 309000 | 3323 | 4 | 93 | 6 | 6 |
| 13 | Airių g. | Kalnėnai | 120000 | 949 | 4 | 126 | 1 | 2 |
| 14 | Ajerų g. | Antakalnis | 110000 | 968 | 4 | 113 | 1 | 2 |
| ... | | | | | | | | |
| 3072 | Vytauto g. | Karoliniškės | 51500 | 1561 | 1 | 33 | 1 | 5 |
| 3073 | Vytauto g. | Karoliniškės | 75000 | 1056 | 2 | 71 | 1 | 12 |
| 3074 | Vytauto g. | Žvėrynas | 243000 | 1736 | 4 | 140 | 3 | 5 |
| 3075 | Vytauto g. | Žvėrynas | 331066 | 4010 | 3 | 82 | 3 | 3 |
| 3076 | Vytauto g. | Žvėrynas | 141491 | 3485 | 1 | 40 | 1 | 3 |
| 3077 | Vytauto Žalakevičiaus g. | Antakalnis | 145000 | 3164 | 2 | 45 | 1 | 6 |
| 3078 | Vytauto Žalakevičiaus g. | Antakalnis | 189000 | 2992 | 3 | 63 | 2 | 7 |
| 3079 | Vytenio g. | Naujamiestis | 76700 | 1405 | 3 | 54 | 2 | 2 |
| 3080 | Vytenio g. | Naujamiestis | 69000 | 1725 | 2 | 40 | 4 | 4 |
| 3081 | Vytenio g. | Naujamiestis | 57000 | 1239 | 2 | 46 | 1 | 5 |
| 3082 | Vytenio g. | Naujamiestis | 44000 | 2306 | 1 | 19 | 8 | 8 |
| 3083 | Vytenio g. | Naujamiestis | 129900 | 2062 | 2 | 63 | 2 | 3 |

2 priedas. Testinė duomenų imtis

(sudaryta autorės, naudojantis šaltiniu Domoplius.lt, 2019)

| Nr. | Gatvė | Kaina (EUR) | Kvadrato kaina (EUR) | Kambarių skaičius | Kvadratai (m ²) | Aukštas | Namo aukštų skaičius |
|------|----------------|-------------|----------------------|-------------------|-----------------------------|---------|----------------------|
| 1 | Algimanto g. | 47000 | 1424 | 1 | 33 | 2 | 9 |
| 2 | Algimanto g. | 109500 | 1445 | 3 | 75 | 6 | 9 |
| 3 | Algirdo g. | 65000 | 2955 | 1 | 22 | 3 | 3 |
| 4 | Algirdo g. | 109000 | 2755 | 2 | 39 | 3 | 3 |
| 5 | Algirdo g. | 160000 | 2388 | 3 | 67 | 5 | 5 |
| 6 | Algirdo g. | 83999 | 2400 | 2 | 35 | 4 | 5 |
| 7 | Algirdo g. | 140000 | 1844 | 2 | 75 | 4 | 4 |
| 8 | Algirdo g. | 67000 | 1457 | 2 | 46 | 1 | 5 |
| 9 | Alkūnės g. | 57000 | 960 | 3 | 59 | 1 | 1 |
| 10 | Aludarių g. | 135100 | 2654 | 2 | 50 | 2 | 5 |
| ... | | | | | | | |
| 1422 | Vilniaus g. | 165000 | 3796 | 2 | 43 | 2 | 3 |
| 1423 | Virginijaus | 79900 | 1248 | 3 | 64 | 9 | 9 |
| 1424 | Viršilų g. | 118000 | 1639 | 3 | 72 | 13 | 23 |
| 1425 | Viršilų g. | 125900 | 1614 | 3 | 78 | 19 | 23 |
| 1426 | Viršuliškių g. | 58000 | 1758 | 1 | 33 | 5 | 9 |
| 1427 | Visorių g. | 59000 | 1605 | 2 | 36 | 4 | 6 |
| 1428 | Visorių g. | 78000 | 2116 | 2 | 36 | 2 | 5 |
| 1429 | Visorių g. | 72999 | 2086 | 1 | 35 | 6 | 7 |
| 1430 | Visorių g. | 93500 | 1764 | 2 | 53 | 2 | 6 |
| 1431 | Visorių g. | 77500 | 1624 | 2 | 47 | 4 | 6 |
| 1432 | Visorių g. | 50500 | 1627 | 1 | 31 | 5 | 6 |
| 1433 | Visorių g. | 51000 | 1660 | 1 | 30 | 5 | 6 |
| 1434 | Visorių g. | 114500 | 1414 | 3 | 81 | 5 | 6 |
| 1435 | Vokiečių g. | 299000 | 3147 | 3 | 95 | 4 | 4 |
| 1436 | Vokiečių g. | 222000 | 3000 | 3 | 74 | 3 | 5 |
| 1437 | Volungės g. | 56600 | 2252 | 1 | 25 | 3 | 5 |
| 1438 | Vydūno g. | 65000 | 1293 | 2 | 50 | 3 | 9 |
| 1439 | Vydūno g. | 98500 | 1766 | 2 | 55 | 8 | 9 |