

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Nomeda BRATČIKOVIENĖ

ŠALIES EKONOMIKOS INDIKATORIŲ DINAMIKOS MODELIS

DAKTARO DISERTACIJA

SOCIALINIAI MOKSLAI,
EKONOMIKA (04S)



Vilnius LEIDYKLA
TECHNIKA 2014

Disertacija rengta 2002–2014 metais Vilniaus Gedimino technikos universitete.

Disertacija ginama eksternu.

Mokslinis konsultantas

prof. habil. dr. Aleksandras Vytautas RUTKAUSKAS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, ekonomika – 04S).

Mokslinis vadovas

doc. dr. Bronislava KAMINSKIENĖ (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, matematika – 01P), (2002–2007).

Vilniaus Gedimino technikos universiteto Ekonomikos mokslo krypties disertacijos gynimo taryba:

Pirmininkas

prof. habil. dr. Romualdas GINEVIČIUS (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, ekonomika – 04S).

Nariai:

prof. dr. Meilutė JASIENĖ (Vilniaus universitetas, ekonomika – 04S),
prof. dr. Natalja LACE (Rygos technikos universitetas, ekonomika – 04S),
doc. dr. Marijus RADA VIČIUS (Vilniaus universitetas, matematika – 01P),
doc. dr. Jelena STANKEVIČIENĖ (Vilniaus Gedimino technikos universitetas, ekonomika – 04S).

Disertacija bus ginama viešame Ekonomikos mokslo krypties disertacijos gynimo tarybos posėdyje 2014 m. vasario 14 d. 13 val. Vilniaus Gedimino technikos universiteto senato posėdžių salėje.

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

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

Pranešimai apie numatomą ginti disertaciją išsiųsti 2014 m. sausio 13 d.

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

VGTU leidyklos TECHNIKA 2228-M mokslo literatūros knyga.

ISBN 978-609-457-618-8

© VGTU leidykla TECHNIKA, 2014

© Nomeda Bratčikovienė, 2014

nomeda.bratcikoviene@vgtu.lt

VILNIUS GEDIMINAS TECHNICAL UNIVERSITY

Nomeda BRATČIKOVIENĖ

THE MODEL OF THE COUNTRY'S
ECONOMIC INDICATORS DYNAMICS

DOCTORAL DISSERTATION

SOCIAL SCIENCES,
ECONOMICS (04S)



Vilnius LEIDYKLA
TECHNIKA 2014

Doctoral dissertation was prepared at Vilnius Gediminas Technical University in 2002–2014.

The dissertation is defended as an external work.

Scientific Consultant

Prof Dr Habil Aleksandras Vytautas RUTKAUSKAS (Vilnius Gediminas Technical University, Economics – 04S).

Scientific Supervisor

Assoc Prof Dr Bronislava KAMINSKIENĖ (Vilnius Gediminas Technical University, Mathematics – 01P), (2002–2007).

The Dissertation Defense Council of Scientific Field of Economics of Vilnius Gediminas Technical University:

Chairman

Prof Dr Habil Romualdas GINEVIČIUS (Vilnius Gediminas Technical University, Economics – 04S).

Members:

Prof Dr Meilutė JASIENĖ (Vilnius University, Economics – 04S),
Prof Dr Natalja LACE (Ryga Technical University, Economics – 04S),
Assoc Prof Dr Marijus RADAVIČIUS (Vilnius University, Mathematics – 01P),
Assoc Prof Dr Jelena STANKEVIČIENĖ (Vilnius Gediminas Technical University, Economics – 04S).

The dissertation will be defended at the public meeting of the Dissertation Defense Council of Economics in the Senate Hall of Vilnius Gediminas Technical University at **1 p. m. on 14 February 2014.**

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

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

A notification on the intend defending of the dissertation was send on 13 January 2014. A copy of the doctoral dissertation is available for review at the Internet website <http://dspace.vgtu.lt/> and at the Library of Vilnius Gediminas Technical University (Saulėtekio al. 14, LT-10223 Vilnius, Lithuania).

Reziumė

Disertacijoje nagrinėjamos šalies pagrindinių ekonominių indikatorių modeliavimo galimybės, analizuojamos teorinės bei praktinės vertinimo prielaidos, šalies ūkio ypatumų sąlygojami apribojimai, tiriama Lietuvos bei užsienio šalių ekonominių modelių struktūra, šiuose modeliuose naudojamų ekonominių indikatorių rinkiniai bei pasirinkti metodai. Norint gauti patikimus rezultatus, darbe atlikta ekonominio modeliavimo metodų lyginamoji analizė. Disertacijos tyrimų objektas – makroekonominių, verslo bei socialinių indikatorių laiko eilutės.

Pagrindinis disertacijoje keliamas darbo tikslas – sukurti pagrindinių šalies ekonomikos pokyčius matuojančių indikatorių dinamikos modelį, kurį naudojant galima kompleksiskai vertinti susiformavusių ekonominių indikatorių adekvatumą, jų suderinamumą bei tarpusavio sąveiką, tirti esamą šalies ekonominę būklę bei jos tvarumą, analizuoti atskirų ekonominių indikatorių pokyčių pasekmes ekonominei būsenai, kurti skirtingus ekonominius scenarijus bei įvertinti šalies ūkio ekonominę perspektyvą.

Darbe sprendžiami pagrindiniai uždaviniai: kuriamo šalies ekonomikos indikatorių dinamikos modelio struktūros bei teorinio pagrindimo nustatymas, tinkamų kompleksinio modeliavimo metodų parinkimas, modelio bei prognozių tikslumo ir stabilumo tyrimas, programinių priemonių sukūrimas.

Atlikus esamų ekonominio modeliavimo metodų analizę, disertacijos užsibrėžtiems tikslams pasiekti ir uždaviniams įgyvendinti, buvo nuspręsta kurti naują šalies ekonominės būsenos ir perspektyvos vertinimo metodiką, kuri leido pilniau atspindėti esamus ekonominius procesus.

Disertaciją sudaro įvadas, trys skyriai, bendrosios išvados, naudotos literatūros šaltinių sąrašas, autorės publikacijų disertacijos tema sąrašas, santrauka anglų kalba. Įvade atskleidžiamas problemos aktualumas, formuluojamas darbo tikslas, uždaviniai, išryškinamas mokslinis bei praktinis darbo naujumas. Pirmame disertacijos skyriuje pateikta esamų Lietuvos bei užsienio ekonominių modelių apžvalga. Antrasis disertacijos skyrius skirtas šalies ekonomikos indikatorių modeliavimo metodikos parinkimui. Trečiame disertacijos skyriuje aprašyti teikiamos metodikos praktinio realizavimo rezultatai.

Disertacijos tema perskaityta dešimt pranešimų mokslinėse tarptautinėse bei šalies konferencijose ir paskelbtos devynios recenzuojamos mokslinės publikacijos: vienas straipsnis mokslo žurnale, įtraukta į *ISI Web of Science* duomenų bazę, penki – recenzuojamuose mokslo žurnaluose, trys – kituose recenzuojamuose mokslo leidiniuose.

Abstract

The doctoral thesis investigates the opportunities for the modelling of leading county's economic indicators, analyses the theoretical and practical assumptions, the limitations conditioned by the country's economic features, studies the structure of economic models existing in Lithuania and foreign countries, the set of economic indicators used and selected methods of modelling. A comparative analysis of economic modelling methods was also carried out. The object of this research is the time series of macroeconomic, business and social indicators.

The goal of the work – to create the model of indicators that measure the country's economic dynamics, which enables the comprehensive assessment of the adequacy, coherence and interoperability of available economic indicators, the investigation and analysis of the current economic situation and its sustainability, the evaluation of the consequences of changes in certain economic indicators for the economic situation, the development of different economic scenarios, and the assessment of the country's economic prospects.

The main tasks solved in the work: determination of the structure and theoretical validity of the model of county's economic indicators dynamics, selection of appropriate comprehensive modelling methods, investigation of the accuracy and stability of the model and forecasts, development of software.

After an analysis of existing economic modelling methods, in order to achieve the objectives and goals of the thesis, it was decided to create a new methodology for the assessment of the country's economic situation and prospects, which enabled a more accurate and full reflection of the current economic processes.

The thesis consists of an introduction, three chapters, general conclusions, references, a list of the author's publications on the topic of the thesis, a summary in English. The introduction reveals the relevance of the problem, formulates the objective, tasks of the work, and highlights its scientific and practical novelty. The first chapter presents a broad review of the economic models existing in Lithuania and foreign countries. The second chapter is dedicated to the selection of a methodology for the modelling of county's economic indicators. The third chapter provides the results of the practical realisation of the methodology proposed.

Ten presentations on the topic of the thesis were made at scientific international and national conferences and nine reviewed scientific papers were published: one – in a scientific periodical journal included in the *ISI Web of Science* database, five – in reviewed scientific journals, three – other reviewed publications.

Žymėjimai

Simboliai

$A(t)$ – bendrasis gamybos veiksnių našumas;

$B(t)$ – nacionalinio biudžeto pajamos;

$B^m(t)$ – mokestinės pajamos;

$B^m(t)$ – Europos Sąjungos parama;

$C(t)$ – ciklo komponentė;

$D(t)$ – vidaus prekių paklausa;

$DP(t)$ – darbo pajamų kreditas;

$e(t)$ – eksportuota produkcija;

$EX(t)$ – eksportas;

$I(t)$ – investicijos;

$IM(t)$ – importas;

$IR(t)$ – atsitiktinė komponentė;

$y(t)$ – analizuojama laiko eilutė;

$Y(t)$ – pridėtinė vertė;

$Y_L(t)$ – viešojo valdymo ir gynybos, privalomojo socialinio draudimo sukurta pridėtinė vertė;

$K(t)$ – kapitalas;

$L(t)$ – darbas;

$l(t)$ – pajamos;
 $LS(t)$ – darbo pasiūla;
 $MP(t)$ – mažmeninės prekybos ir maitinimo įmonių apyvarta;
 $P(t)$ – parduodamų prekių ar paslaugų kainos;
 $P_i(t)$ – i -ojo gamybos išteklių kainos indeksas;
 $P_{exp}(t)$ – eksporto kainų indeksas;
 $P_{inj}(t)$ – j -tosios importuojamos prekės, prekių grupės ar paslaugų kainų indeksas.
 $P^e(t)$ – tikėtinas vartojimo prekių ir paslaugų kainų pokytis;
 $p^d(t)$ – bendrojo vidaus produkto defliatorius;
 $P_G(t)$ – gamintojų Lietuvos rinkoje parduotos produkcijos kainų indeksai;
 $P_{Vi}(t)$ – i -tosios prekių ir paslaugų grupės vartotojų kainų indeksai,
 $PA(t)$ – suteiktų paskolų apimtis;
 $PB(t)$ – pinigų bazė;
 $PC(t)$ – privatus vartojimas;
 $PN(t)$ – palūkanų norma;
 $rc(t)$ – reali kapitalo kaina;
 $S(t)$ – sezoninė komponentė;
 $T(t)$ – trendo komponentė;
 $TP(t)$ – technologinis progresas;
 $TC(t)$ – trendo-ciklo komponentė;
 $U_i(t)$ – nestebimos laiko eilutės komponentės;
 $Un(t)$ – nedarbo lygis
 $V_n(t)$ – namų ūkių vartojimo išlaidos;
 $V_v(t)$ – valdžios sektoriaus vartojimo išlaidos;
 $Z(t)$ – gamybos kaštai;
 $Q(t)$ – produkcija;
 $W(t)$ – nominalus darbo užmokestis;
 w_i – i -tosios prekės, prekių grupės ar paslaugos svoris vartojimo prekių ir paslaugų krepšelyje;
 $\tilde{X}(t)$ – darbuotojų paklausa;
 $\bar{X}(t)$ – įmonių ūkinės veiklos pelnas;
 $X_1(t)$ – užimtųjų skaičius;
 $X_2(t)$ – faktiškai dirbtų valandų skaičius;
 $X_5(t)$ – prekių ir paslaugų pardavimo pajamos;
 $X_7(t)$ – nuosavas kapitalas;
 $X_8(t)$ – parduota produkcija
 $\Pi(t)$ – darbo paklausa;
 $\mu(t)$ – gamintojų marža;
 η – mažmenininkų marža;
 $\xi(t)$ – realus valiutos kursas;

$\bar{\xi}_{RU}(t)$ – lito ir Rusijos rublio santykis,

$\bar{\xi}_{PL}(t)$ – lito ir Lenkijos zloto santykis,

$\bar{\xi}_{LV}(t)$ – lito ir Latvijos lato santykis.

Santrumpos

ASETAR – adaptuotas slenkstinis autoregresinis metodas (angl. ASETAR – Adapted Self Exciting Threshold Autoregressive Model),

RESET – testas, naudojamas laiko eilučių netiesiškumui nustatyti (angl. RESET – Ramsey Regression Equation Error Test),

VSAP – vidutinė santykinė absoliutinė paklaida,

VSKP – vidutinė santykinė kvadratinė paklaida,

SVKI – Suderintas vartotojų kainų indeksas.

Turinys

IVADAS.....	1
Problemos formulavimas.....	1
Darbo aktualumas.....	2
Tyrimų objektas.....	2
Darbo tikslas.....	2
Darbo uždaviniai.....	3
Tyrimų metodika.....	3
Darbo mokslinis naujumas.....	4
Darbo rezultatų praktinė reikšmė.....	4
Ginamieji teiginiai.....	5
Darbo rezultatų aprobavimas.....	5
Disertacijos struktūra.....	6
1. EKONOMETRINIO MODELIAVIMO APŽVALGA IR TIKSLAI.....	7
1.1. Ekonometrinio modeliavimo tikslai.....	8
1.2. Trumpa ekonometrinio modeliavimo istorija.....	9
1.2.1. Anglijos banko ekonominis modelis.....	11
1.2.2. Austrijos makroekonominis modelis LIMA.....	12
1.2.3. Nepalo makroekonometrinis modelis.....	13
1.2.4. Ekonominis modeliavimas Lietuvoje.....	13
1.3. Pirmojo skyriaus išvados.....	17

2. EKONOMETRIJOS ANATOMIJA. EKONOMINIŲ INDIKATORIŲ MODELIO VERTINIMO METODAI.....	19
2.1. Laiko eilučių analizė.....	20
2.1.1. Laiko eilučių dekompozicija.....	21
2.1.2. Laiko eilučių pirminė analizė ir koregavimas.....	22
2.1.3. Laiko eilučių spektrinė analizė.....	25
2.1.4. Laiko eilučių modeliavimo metodai.....	27
2.1.5. Laiko eilučių nestebimų komponentų vertinimo diagnostika.....	32
2.2. Autoregresiniai SETAR modeliai.....	37
2.3. Modelio vertinimo pagrindimas: tyrimo metodika, algoritmai ir analizė.....	38
2.3.1. Laiko eilučių komponentų nustatymo analizė.....	39
2.3.2. Laiko eilučių nestebimų komponentų vertinimo metodų lyginamoji analizė.....	41
2.3.3. ASETAR modelis ir jo vertinimo algoritmas.....	43
2.3.4. ASETAR ir ARIMA modelių lyginamoji analizė.....	49
2.3.5. Ekonominių indikatorių modelio lygčių sudarymo algoritmas.....	52
2.4. Antrojo skyriaus išvados.....	53
3. ŠALIES EKONOMIKOS INDIKATORIŲ DINAMIKOS MODELIO ADEKVATUMO EMPIRINIS TYRIMAS LIETUVOS ATVEJU.....	55
3.1. Modelio struktūra ir formavimo principai.....	56
3.1.1. Modelio lygčių formavimo principai ir specifikacija.....	57
3.1.2. Modelio lygčių parametrų vertinimo eiga ir rezultatai.....	76
3.2. Siūlomos metodikos ir klasikinių modeliavimo metodų palyginimas.....	92
3.3. Priemonės šalies ūkio pokyčių analizei.....	94
3.4. Trečiojo skyriaus išvados.....	97
BENDROSIOS IŠVADOS.....	99
LITERATŪRA IR ŠALTINIAI.....	101
AUTORĖS MOKSLINIŲ PUBLIKACIJŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS.....	109
SUMMARY IN ENGLISH.....	111
PRIEDAI.....	131
A priedas. Modeliuotų laiko eilučių nestebimų komponentų vertinimo paklaidos.....	132
B priedas. Adaptuoto SETAR specifikacija.....	134
C priedas. SETAR poklasių keitimo grafikai.....	137
D priedas. ASETAR ir ARIMA modelių įvertinimų grafikai.....	143
E priedas. SETAR ir ARIMA modelių paklaidų grafikai.....	148
F priedas. Įvertintos modelio lygtys ir grafikai.....	154
G priedas. Bendraautorių sutikimai teikti publikacijų medžiagą disertacijoje.....	184
H priedas. Autoriaus mokslinių publikacijų disertacijos tema kopijos.....	185

Contents

INTRODUCTION.....	1
Research problem.....	1
Relevance of the thesis.....	2
Object of the research.....	2
Aim of the thesis.....	2
Objectives of the thesis.....	3
Research methodology.....	3
Scientific novelty of the thesis.....	4
Practical value of research findings.....	4
Statements to be defended.....	5
Approval of research findingd.....	5
Structure of the thesis.....	6
1. OVERVIEW AND PURPOSES OF ECONOMETRIC MODELLING.....	7
1.1. Objectives of econometric modeling.....	8
1.2. A short history of econometric modeling.....	9
1.2.1. Economic model at the Bank of England.....	11
1.2.2. The Macroeconometric Model LIMA for Austria.....	12
1.2.3. Nepal Macroeconometric Model	13
1.2.4. Modelling experience in Lithuania.....	13
1.3. Conclusions of the first section.....	17

2. ANATOMY OF ECONOMETRICS. METHODS FOR THE ASSESSMENT OF THE MODEL OF ECONOMIC INDICATORS.....	19
2.1. Time series analysis.....	20
2.1.1. Time series decomposition.....	21
2.1.2. Time series preadjustment.....	22
2.1.3. Time series spectrum analysis.....	25
2.1.4. Methods of time series modelling.....	27
2.1.5. Diagnostic of unobserved time series components estimation.....	32
2.2. Autoregressive SETAR models.....	37
2.3. Validation of modelling assessment: research methodology, algorithms and analysis.....	38
2.3.1. Analysis of time series component identification.....	39
2.3.2. Comparative analysis of time series unobserved components estimation methods.....	41
2.3.3. ASETAR model and its algorithm evaluation.....	43
2.3.4. Comparative analysis of ASETAR and ARIMA models.....	49
2.3.5. Algorithm of the of the economic indicators model equations assesment.....	52
2.4. Conclusions of the second section.....	53
3. EMPIRICAL INVESTIGATION ON COUNTY'S ECONOMIC INDICATORS DYNAMICS MODEL ADEQUACY IN LITHUANIA.....	55
3.1. Model structure and formation principles.....	56
3.1.1. Formation principles and specifications of model equations.....	57
3.1.2. Process and results of model parameters estimation.....	76
3.2. Comparison of the proposed methodology and classical modelling methods...	92
3.3. Tools for country's economic development analysis.....	94
3.4. Conclusions of the third section.....	97
GENERAL CONCLUSIONS.....	99
REFERENCES.....	101
LIST OF THE AUTHOR'S SCIENTIFIC PUBLICATIONS ON THE THE TOPIC OF THE DISSERTATION.....	109
SUMMARY IN ENGLISH.....	111
ANNEXES.....	131
Annex A. Errors of estimated simulated time series unobserved components.....	132
Annex B. Specifications of adopted SETAR.....	134
Annex C. SETAR regime switching graphs.....	137
Annex D. The graphs of ASETAR and ARIMA models estimates.....	143
Annex E. The graphs of SETAR and ARIMA models errors.....	148
Annex F. Estimated model equations and graphs.....	154
Annex G. The coauthors agreements to present publications in the dissertation..	184
Annex H. Copies of scientific publications by the author on the topic of the dissertation.....	185

Įvadas

Problemos formulavimas

Ekonominiai modeliai kuriami nacionalinių ar tarptautinių ekonominių procesų analizei bei perspektyvos vertinimui, ekonominio tvarumo analizei, reakcijos į vienokius ar kitokius ekonominius impulsus tyrimui, ekonomikos dėsningumų ir priklausomybių identifikavimui ir kalibravimui, prognozavimui ir valdymui reikalingos informacijos generavimui bei kiekybiniam priimamų sprendimų pagrindimui. Ekonominiai modeliai remiasi ekonometrinėmis ir/ar balansinėmis lygtimis bei tapatybėmis, aprašančiomis visuminę ekonomikos elgseną.

Daugelis pasaulio šalių ūkio analizei atlikti, ekonominių indikatorių prognozėms rengti, įvairiems ekonominiams scenarijams tikrinti naudoja ekonominius modelius. Ekonominių indikatorių modeliavimas yra ypač plačiai išvystytas Jungtinėse Amerikos Valstijose, Jungtinėje Karalystėje, Nyderlanduose bei Skandinavijos šalyse. Šių šalių ūkio ekonominis modeliavimas vyksta jau daug metų, o kadangi dažniausiai modeliai kuriami skirtingiems tikslams įgyvendinti, tai kai kurios šalys turi net keletą tokių modelių.

Nors, skaičiuojant nuo nepriklausomybės atgavimo, Lietuvą galima laikyti pakankamai jaunos ekonomikos valstybe istoriniu požiūriu, tačiau per šį laikotarpį įvyko nemažai esminių pokyčių visame Lietuvos ūkyje ekonominiu

požiūriu: nuo planinės ekonomikos Lietuva perėjo prie rinkos ekonomikos, susidūrė su hiperinfliacija ir aukštu nedarbo lygiu. Tvarumą įgaunanti Lietuvos ekonomika pergyveno dvi ekonomines krizes, skaudžiai paveikusias Lietuvos ekonomikos vystymąsi. Dėl sparčiai besikeičiančių Lietuvos ekonominių sąlygų ir vis didesnio poreikio patikimoms įvairių ekonominių indikatorių prognozėms bei šalies ūkio reakcijos į tam tikrus ekonominius pokyčius tyrimams, tikslinga sukurti šalies ekonominį modelį, kuris padėtų parengti patikimas prognozes bei suteiktų galimybę priklausomai nuo įvairių prielaidų, sumodeliuoti skirtingus šalies ūkio elgsenos scenarijus.

Darbo aktualumas

Lietuvoje ekonominis modeliavimas vystomas jau senokai, tačiau dauguma ankstesnių viešai prieinamų Lietuvos ekonomikos tyrinėjimų buvo daugiausiai skirti konkrečių uždavinių sprendimui, o kurti modeliai vienalaikiai platesnei ūkio analizei šiuo metu neatnaujinami ir dėl po pastaraisiais metais įvykusių svarbių ekonomikos posūkių tapo nebeaktualūs ir nebepatikimi. Todėl reikalingas aktualus dabartinei Lietuvos ekonominei situacijai ekonominis modelis, apimantis visas Lietuvos ūkio ekonomines veiklas, kurį būtų galima taikyti šalies ūkio ekonominei būklei tirti ir vertinti, kiekybinei pagrindinių ekonominių indikatorių analizei atlikti, tolesnei ekonomikos plėtrai prognozuoti, priimamų socialinių ir ekonominių sprendimų argumentavimui, skirtingų ekonominių scenarijų kūrimui.

Tyrimų objektas

Darbe tiriamos šalies makroekonominių (nacionalinių sąskaitų, valdžios sektoriaus finansų, investicijų, kainų ir užsienio prekybos), verslo (įmonių statistikos, pramonės, statybos ir vidaus prekybos) bei socialinės statistikos laiko eilutės, analizuojami matematiniai modeliai ir metodai, kurių pagalba galima aprašyti ir prognozuoti šių laiko eilučių elgseną bei generuoti informaciją, reikalingą ekonominio efektyvumo didinimui.

Darbo tikslas

Disertacijos tikslas – sukurti šalies ekonomiką matuojančių indikatorių dinamikos modelį, kurį naudojant galima tirti ir kompleksiskai vertinti ekonominių indikatorių adekvatumą, suderinamumą ir tarpusavio ryšius, atlikti

atskirų indikatorių pokyčių įtakos šalies ekonomikos būsenai vertinimus bei, naudojant skirtingas ekonomines prielaidas, prognozuoti šalies ūkio pagrindinius ekonominius indikatorius.

Darbo uždaviniai

Darbo tikslui įgyvendinti ir mokslinei problemai spręsti disertaciniame darbe buvo išskelti šie uždaviniai:

1. Išanalizuoti šalies ekonominio modeliavimo patirtį Lietuvoje, kitų šalių ekonominių modelių taikymo galimybes bei nustatyti teorines ir praktines modeliavimo prielaidas, kuriant šalies ekonomikos indikatorių dinamikos modelį.
2. Nustatyti kuriamo šalies ekonomikos indikatorių dinamikos modelio struktūrą ir teorinį pagrindimą.
3. Atlikti pirminę pagrindinių ekonomikos indikatorių laiko eilučių analizę ir nustatyti jų nestebimas komponentes.
4. Atlikti ekonominių indikatorių modeliavimo metodų lyginamąją analizę ir pasiūlyti modeliavimo metodiką, leidžiančią tiksliau aprašyti tipines bei sudėtingos prigimties ekonomikos indikatorių laiko eilutes.
5. Sudaryti modelio lygčių specifikacijas, įvertinti modelio lygčių parametrus ir ištirti sudarytą modelio lygčių ir prognozių tikslumą bei tvarumą.
6. Sukurti naujas programines priemones kompleksiniam šalies ekonomikos būsenos ir perspektyvos vertinimui, ekonominių scenarijų kūrimui, atskirų ekonomikos indikatorių pokyčių poveikio esamai šalies ekonomikos būsenai vertinimui.

Tyrimų metodika

Siekiant įgyvendinti darbe numatytus tikslus ir išspręsti išskeltus uždavinius buvo nagrinėta ekonomikos, ūkio statistikos ir ekonometrijos teorija, analizuoti Lietuvoje ir kitose šalyse naudojami ekonominiai modeliai, atlikta ekonominių indikatorių modeliavimo metodų lyginamoji analizė, tirti teoriniai modeliavimo metodai ir nustatytos jų praktinio panaudojimo galimybės.

Darbo mokslinis naujumas

Darbo mokslinį naujumą rodo šie rezultatai:

1. Pasiūlyta nauja šalies ekonomikos būsenos ir perspektyvos vertinimo metodika, leidžianti analizuoti šalies ekonominių indikatorių tarpusavio ryšius ir jų tapatumą jų matuojamiems ekonominiams procesams, apskaičiuoti ekonominių indikatorių trumpalaikes ir vidutinio ilgumo prognozes, atlikti vienalaikę ūkio analizę, analizuoti atskirų ypatumų ir sąlygų poveikį šalies ekonominei būklei ir perspektyvai.
2. Sukurtas kompleksinis šalies ekonominių indikatorių modelis, kuris leidžia stebėti, analizuoti ir prognozuoti ekonominius šalies procesus visumoje bei atskiras komponentes. Įvertintas modelio ir prognozių tvarumas. Iširtas modelio lygčių parametrų stabilumas.
3. Įrodyta, kad sudėtingos elgsenos ekonominių indikatorių modeliavimui naudojant disertacijoje teikiamą adaptuotą SETAR modelį išsamiau atspindimi ekonominiai procesai, o tai galima nustatyti iš sumažėjusių modelio lygčių paklaidų.
4. Naudojant modeliuotas ir realias pagrindinių ekonomikos indikatorių sekas, atlikta nestebimų laiko eilučių komponentių vertinimo metodų lyginamoji analizė.
5. Nustatyta, kad modeliuojant šalies ekonominių indikatorių laiko eilučių atskiras komponentes, pagal disertacijoje aprašytą metodiką, pagerinamas modelio pagalba gautų prognozių tvarumas.
6. Sukurtos programinės priemonės, leidžiančios: kompleksiskai vertinti šalies ekonomikos būseną ir perspektyvą, analizuoti šalies ūkio vedančiųjų ekonominių indikatorių pokyčius, įvertinti modeliuojamų ekonominių indikatorių pokyčių poveikį šalies ekonomikai.

Darbo rezultatų praktinė reikšmė

Disertaciniame darbe teikiama šalies ekonomikos indikatorių dinamikos vertinimo metodika, kuri suteikia galimybę pilniau atspindėti esamus ekonominius procesus, o kartu gauti mažesnes modelių bei prognozių paklaidas bei pagerinti atliekamos analizės bei rengiamų prognozių tikslumą bei tvarumą. Ši metodika yra tinkama ir sudėtingos prigimties ekonominių indikatorių modeliavimui, kuriems įprasti laiko eilučių modeliavimo metodai neduoda tinkamų rezultatų.

Pasinaudojant darbe teikiama metodika, gauti disertacijoje aprašytų tyrimų rezultatai gali būti naudojami kompleksiniam šalies ekonominių indikatorių suderinamumo tikrinimui, patikimam vienalaikiam šalies vedančiųjų ekonominių indikatorių vertinimui bei analizei, trumpalaikių ir vidutinio ilgumo prognozių rengimui, skirtingų ekonominių scenarijų kūrimui.

Ginamieji teiginiai

1. Dėl Lietuvos ekonomikos ypatumų ir jų sąlygojamų apribojimų, esamų modelių aktualumo ir aprėpties stokos, kitų šalių bei Lietuvoje egzistuojančių ekonominių modelių taikymas, visuminei Lietuvos ūkio ekonominei analizei atlikti ir ekonominių indikatorių prognozei apskaičiuoti netikslingas arba gali būti taikoma tik fragmentiškai.
2. Modeliuojamų laiko eilučių struktūrinė analizė, išskiriant nestebimas laiko eilučių komponentes leidžia tiksliau aprašyti vykstančius ekonominius procesus ir taip sumažinti modelių ir prognozių paklaidas.
3. Nestabilių sudėtingos prigimties laiko eilučių (su įvairiais lūžiais, išsiskiriančiais stebėjimais, kintančia dispersija laike) modeliavimui darbe pasiūlytas adaptuotas SETAR metodas įgalina sudaryti patikimus ekonominių indikatorių analizės bei prognozių vertinimo modelius.
4. Darbo autorės sukurtos originalios programinės priemonės leidžia atlikti kompleksinę pagrindinių šalies ekonominių indikatorių analizę, išmatuoti jų pokyčius priklausomai nuo sąlygojančių pokyčių, sudaryti šalies ūkio ekonominius scenarijus, patikimai įvertinti šalies ekonomikos ir atskirų jos indikatorių perspektyvą.

Darbo rezultatų aprobavimas

Disertacijos tema paskelbti 9 moksliniai straipsniai: šeši – recenzuojamuose mokslo žurnaluose, trys – kituose recenzuojamuose mokslo leidiniuose. Disertacijos rezultatai buvo pristatyti dešimtyje Lietuvos ir tarptautinėse mokslinėse konferencijose:

- 5-oji Ernesto Galvanausko vardo tarptautinė mokslinė konferencija 2005 m. Šiauliuose, Lietuvoje;
- XLVI Lietuvos matematikų draugijos mokslinė konferencija 2005 m. Vilniuje, Lietuvoje;
- Tarptautinėje mokslinėje konferencijoje „*Conference on seasonality, seasonal adjustment and their implications for short-term analysis and*

- forecasting*” 2006 m. Liuksemburge, Liuksemburgo Didžiojoje Hercogystėje;
- XLVII Lietuvos matematikų draugijos mokslinė konferencija 2006 m. Kaune, Lietuvoje;
 - 7-oji Ernesto Galvanausko vardo tarptautinė mokslinė konferencija 2007 m. Šiauliuose, Lietuvoje;
 - XLVIII Lietuvos matematikų draugijos mokslinė konferencija 2007 m. Vilniuje, Lietuvoje;
 - 12-oji tarptautinė mokslinė konferencija „*Mathematical Modelling and Analysis*” 2007 m. Trakuose, Lietuvoje;
 - Tarptautinė mokslinė konferencija „*Nordic Conference on Mathematical Statistics*” 2008 m. Vilniuje, Lietuvoje;
 - XLIX Lietuvos matematikų draugijos mokslinė konferencija 2008 m. Kaune, Lietuvoje;
 - 13-oji tarptautinė mokslinė konferencija „*Economics and Management*” 2008 m. Kaune, Lietuvoje.

Disertacijos struktūra

Disertaciją sudaro įvadas, trys skyriai, bendrosios išvados, literatūros šaltinių sąrašas, autorės publikacijų disertacijos tema sąrašas, aštuoni priedai, santrauka anglų kalba. Darbo apimtis – 130 puslapių, neskaitant priedų, tekste yra 137 formulės, 44 paveikslai ir 8 lentelės. Rašant disertaciją buvo panaudoti 102 literatūros šaltiniai.

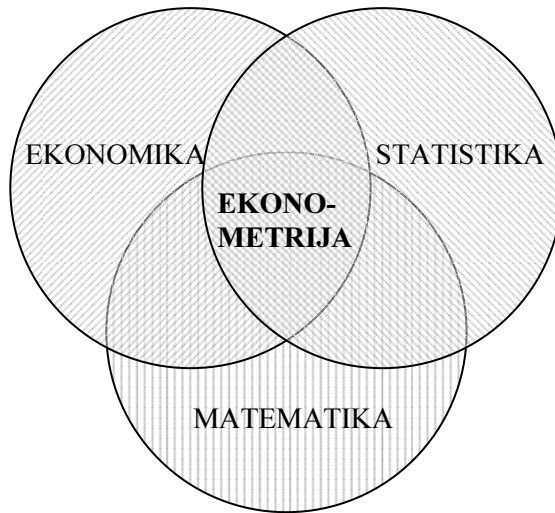
1

Ekonometrinio modeliavimo apžvalga ir tikslai

Nors ekonometrinių modelių kūrimo ištakos siekia XVII amžių Davenant ir King darbuose, tačiau oficialia ekonometrijos, kaip atskiro mokslo atsiradimo data laikoma 1993 m., kai buvo įsteigta Ekonometrijos draugija. Draugija ekonometrijos apibrėžime nurodė, kad ekonometrija yra ekonomikos teorijos sąryšis su statistika ir matematika, o jos tikslas – teoretinio ir empirinio kiekybinio požiūrio ekonomikos problemoms spręsti unifikavimas (Frisch, 1933).

Pagrindinės ekonometrinės funkcijos gana ženkliai prasiplėtė nuo šio mokslo įkūrimo ir šiuo metu galima įvardinti mažiausiai keturias pagrindines ekonometrijos funkcijas:

- Ekonometrija naudojama esamų ir apriorinių teorinių ekonomikos tiesų empiriniam patikrinimui;
- Ekonometrija gali būti naudojama ekonomikos teorijoje apibrėžtų, bet praktikoje nestebimų kintamųjų įvertinimui bei išmatavimui;
- Ekonometrijos mokslo metodais galima prognozuoti ekonominio kintamojo būsimas reikšmes.
- Ekonometrijos mokslas padeda nustatyti kintamųjų tarpusavio ryšių charakteristikas.



1.1 pav. Ekonometrijos mokslo sandara
Fig. 1.1. Structure of econometrics science

Ekonometrija suteikia galimybę atlikti realių ekonominių reiškinių kiekybinę analizę, pagrįstą šiuolaikine ekonomikos teorija ir naujausiais ekonometriniais duomenų analizės metodais. Sėkmingas ekonometrijos mokslo žinių taikymas priklauso ne tik nuo ekonometrijos metodų išmanymo, bet ir ekonomikoje vykstančių procesų supratimo bei turimo ekonominių duomenų paketo.

1.1. Ekonometrinio modeliavimo tikslai

Pirmieji ekonominiai modeliai atsirado XIX amžiaus pabaigoje, XX amžiaus pradžioje, kai žinomi to meto ekonomistai Walras, Klein, Keynes ir kt. bandė aprašyti ekonomiką viena laikais sprendžiama lygčių sistemomis. Remiantis šių iškilų ekonomistų idėjomis, skirtingose šalyse buvo sukurtas ne vienas modelis.

Pagrindinis ekonominio modelio pranašumas išliko ir iki šių dienų – viena laikais ekonomikos visumos analizė. Korektiškas ekonominis modelis atskleidžia ne tik ekonomikos rinkų tarpusavio ryšius bei priklausomybes, bet garantuoja prognozavimo vientisumą ir suderinamumą.

Ekonominių modelių kūrimui šiuo metu naudojamos ne tik balansinės, bet ir ekonometrinės lygtys. Kuriant modelius remiamasi ekonomikos, ekonometrijos ir matematinės statistikos mokslų žiniomis. Ekonometrinis

modelis sujungia ekonominius reiškinius aiškinančias lygtis į bendrą neprieštaraujančią sistemą.

Modelių reikšmė ir svarba pripažįstama daugelyje pasaulio šalių bei atskirų institucijų, kur šiuo metu jau sukaupta ilgametė ekonominių modelių kūrimo ir taikymo patirtis. Pasaulio bankas nurodė, kad ekonominių modelių naudojimo sritys gali būti įvairios (A. Budraitytė, V. Kvedaras, 2000):

1. Ekonominio stabilumo palaikymo tyrimui.
2. Struktūrinių pasikeitimų padarinių vertinimui.
3. Ūkio raidos strategijos analizei.
4. Kiekybiniam svarstomų ir priimtų politinių sprendimų rezultatų vertinimui.
5. Vidaus ir išorės politikos tinkamumo tyrimams.
6. Skirtingų ekonominės politikos scenarijų poveikio ir sąnaudų vertinimui.

Dėl tokio plataus ekonominių modelių panaudojimo galimybių, ekonometrinio modeliavimo poreikis tapo itin aktualiu kasdieniniu reiškiniu tiek sprendžiant įvairius mokslinius uždavinius, analizuojant esamą situaciją, tiek kuriant įvairius politinius, socialinius ar ekonominius scenarijus, tiek ir norint įvertinti įvairiausių ekonominių indikatorių prognozes.

Kuriami ne tik nauji ekonominiai modeliai, bet ir praktikoje dažnai taikomi jau esami modeliai, adaptuojami kitų šalių modeliai. Todėl labai svarbu išanalizuoti ir jei įmanoma panaudoti sukaupią ekonominių modelių kūrimo bei taikymo patirtį, palyginti modelio lygtis ir tapatybes, įvertinti taikytas modelio ekonomines bei matematinės prielaidas. Šiame skyriuje apžvelgti ekonominio modeliavimo rezultatai Lietuvoje bei esami kitų šalių ekonometriniai bei pusiausvyros modeliai, analizuojamos jų taikymo galimybės Lietuvos ekonominių indikatorių modeliavimui.

1.2. Trumpa ekonometrinio modeliavimo istorija

Ekonominiai modeliai gali būti pagrįsti, iš dalies pagrįsti, ar visiškai nepagrįsti ekonomine teorija. Praktikoje, dažniausiai modeliai kuriami derinant keletą ekonominių teorijų ir ekspertinę patirtį. Modeliai pritaikomi individualiems tikslams įgyvendinti ir savitoms kiekvienos šalies ekonominėms priklausomybėms, vykdomai politikai (fiskalinei, monetarinei, socialinei) aprašyti. Todėl esami ekonominiai modeliai kiekvienai šaliai labai individualūs.

Ekonominius modelius dažniausiai kuria valstybinių, mokslo ir studijų institucijų darbuotojai ir analitikai. Norint, kad išliktų aktualumas esamai ekonominiai padėčiai, sukurti modeliai, modelių lygtys ir jų parametrai nuolat peržiūrimi ir atnaujinami. Dauguma kitų šalių modelių yra keleto dešimtmečių nuolatinio darbo rezultatas.

Toliau pateiksime trumpą Anglijos banko ekonominio modelio, Austrijos makroekonominio modelio LIMA ir Nepalo makroekonometrinio modelio apžvalgą. Kadangi nemažai kitų šalių ir pasaulinių institucijų naudojami modeliai buvo analizuojami ir išsamiai aprašyti V. Avdejenkovos, V. Kvedaro, E. Mačiulaitytės darbuose, tai pasaulio banko modelio RMSM.X, kuris skirtas atskirų ūkio sektorių makroekonominiam subalansuotumo analizei bei prognozei, Švedijoje sukurto bendrosios pusiausvyros modelio KOSMOS, Korėjos ekonominės pusiausvyros modelių – BOK97 ir BOKAM97, kurie pagrįsti keinsistine pajamų-išlaidų metodologija, vidutinio dydžio ekonominis Suomijos modelio BOF (A. Willman ir kt., 1998, 2000), kuris turi daugiau nei 300 tapatybių, pagrįstų ekonomikos teorija ir dėl to kylantį lygčių sistemos netiesiškumą, vidutinio laikotarpio makroekonometrinio modelio MODAG, naudojamo Norvegijos ekonomikos planavime, Nyderlandų banko daugiašalio modelio EUROMON (M. Demertzis ir kt., 2002), Centrinio ir Rytų Europos šalims skirto modelio LAM3 (W. Charemza ir kt., 2002), kuris skirtas ilgalaikiai ekonominei analizei, šiame disertaciniame darbe išsamiai nebeaptarinėsime.

Nors Lietuvoje ekonominis modeliavimas vystomas jau senokai, tačiau dauguma ankstesnių tyrinėjimų Lietuvoje buvo skirti konkrečių sričių pagrindinių ekonominių indikatorių modeliavimui arba konkrečių uždavinių ir problemų sprendimui, kurie aprašomi įvairiuose moksliniuose leidiniuose: Ž. Kalinauskas ir kt. (2000) darbe Lietuvos ekonomiką aprašo bendrosios pusiausvyros modeliu, kurio struktūra pagrįsta 1997 m. Lietuvos socialinės apskaitos matrica, R. Kuodis ir kt. (2002, 2005) analizavo pinigų politikos poveikio mechanizmus Lietuvoje, bei prognozavo valiutų krizes, A. Jakaitienė ir kt. (2003) prognozavo Lietuvos ekonomikos augimą taikant išankstinio įvertinimo metodą šalies realiojo bendrojo vidaus produkto pokyčiams trumpuoju laikotarpiu aprašyti, T. Ramanauskas ir kt. (2007) modeliavo namų ūkių vartojimą, I. Vetlov ir kt. (2000, 2001, 2002, 2003, 2006) atliko Lietuvos infliacijos inercijos analizę, analizavo kainų kitimą ir tai įtakančius veiksniai, tyrė darbo rinkos lankstumą bei Baltijos šalių ekonomikos augimo apskaitą, A. Proškutė (2012) ir kt. straipsnyje aprašė empirinį realaus verslo ciklo modelį, įvertintą 1995–2011 m. Lietuvos makroekonominiais duomenimis.

Norint, aktualizuoti ekonominius modelius, atsižvelgti į esminius pokyčius šalies ekonomikoje, pasinaudoti naujausiais statistiniais duomenimis, ekonometriniai modeliai turi būti periodiškai atnaujinami, tobulinamos modelio lygtys, pervertinami modelio lygčių parametrai. Daugumai toliau aprašomų darbų, tam, kad jie būtų aktualūs šiuo metu, būtinas atnaujinimas. Užsienio šalyse kurtus modelius sudėtinga taikyti dėl šalių, kuriems buvo kurti ekonominiai modeliai ekonomikos ypatybių neatitikimo dabartinėms

ekonomikos sąlygoms ir specifikai. Toliau trumpai aprašysime Lietuvoje vykdytus projektus ir atliktus ekonominio modeliavimo darbus.

1.2.1. Anglijos banko ekonominis modelis

Anglijos banko ekonominį modelį (Bank of England, 1999) sudaro 20 pagrindinių ekonometrinių lygčių. Be pagrindinių lygčių modelyje naudojamos įvairios tapatybės, transformacijos ir susiejimo lygtys. Sudarytas modelis pakankamai gerai atspindi Jungtinės Karalystės ekonomiką, nes modelio lygtyse naudojama 150 ketvirtinio dažnumo kintamųjų.

Ekonominį modelį sudaro šeši struktūriniai blokai: pinigų, finansų ir turto, išieigos ir sąnaudų, darbo rinkos, kainų, fiskalinės politikos ir pajamų.

Modelio ilgalaikės pusiausvyros struktūrą apibendrina septyni sąryšiai:

1. Produkcija modeliuojama naudojant Cobb-Douglas funkciją, kurios pagrindiniai kintamieji yra darbas, kapitalas ir technologinis progresas:

$$Q = \beta_y + \alpha TP + \alpha L + (1 - \alpha)K. \quad (1.1)$$

Čia Q – produkcija, K – kapitalas, L – darbas ir TP – technologinis progresas.

2. Darbo paklausa priklauso nuo produkcijos ir realaus darbo užmokesčio:

$$Q - L = \beta_l + W - p^d. \quad (1.2)$$

Čia p^d – BVP defliatorius, W – nominalus darbo užmokestis, β_l – parametras, rodantis gamybos technologijos lygį.

3. Kapitalo paklausa įvertinama pagal produkciją ir realią kapitalo kainą:

$$Q - K = \beta_k + rc. \quad (1.3)$$

Čia rc – reali kapitalo kaina. β_k – parametras, rodantis konkurencijos produktų rinkoje lygį.

4. Realūs darbo kaštai vertinami naudojant struktūrinius kintamuosius ir nedarbo lygį:

$$W - p^d = \beta_w + Q - L + \theta_1 Z^s - \theta_2 Un. \quad (1.4)$$

Čia Z^s – struktūrinių kintamųjų rinkinys, Un – nedarbo lygis.

5. Bendroji paklausa apskaičiuojama sumuojant vartojimą, investicijas, atsargų pasikeitimą, valdžios sektoriaus išlaidas ir grynąjį eksportą (eksportą atėmus importą). Kiekvienas bendrosios paklausos komponentas modeliuojamas atskirai.

6. Pinigų paklausa priklauso nuo kainų lygio, pajamų ir turto, bei palūkanų normų.

$$m^d - p^d = \beta_m + \gamma_1 l_t + \gamma_2 (a_t - p_t^d) + \gamma_3 (i_t - id_t). \quad (1.5)$$

Čia $(m^d - p^d)$ – pinigų paklausa, l – pajamos, $(a - p^d)$ – turtas, $(i - id)$ – skirtumas tarp palūkanų normos ir indėlių palūkanų normos.

7. Kainų lygis priklauso nuo monetarinės politikos.

Be minėtų modeliavimo metodų, Jungtinės Karalystės ekonominiame modelyje dar naudojami Philips kreivės ir atskirų ekonominių rodiklių modeliai, vektorinės autoregresijos (VAR) ir optimizavimo modeliavimo metodai.

1.2.2. Austrijos makroekonominis modelis LIMA

Austrijos makroekonominį modelį LIMA sudaro 78 lygtys, kuriose naudojami 78 metinio dažnumo endogeniniai kintamieji. Tik 21 iš 78 modelio lygčių yra struktūrinės lygtys, su įvertintais koeficientais. Kitos modelio lygtys yra tapatybės. Todėl LIMA yra palyginus mažas makroekonominis modelis. Modelio parametrai atnaujinami vieną kartą metuose, kurie įvertinami mažiausiu kvadratų metodu.

Austrijos makroekonominį modelį sudaro septyni struktūriniai blokai: vidaus paklausos, importo ir eksporto, bendrosios gamybos, kainų, darbo rinkos, užsienio balanso, ir valstybės finansų.

LIMA yra tradicinis Keinistinis makroekonominių prognozių modelis, kuriame akcentuojama paklausa. Vidaus paklausa apskaičiuojama sumuojant privatus vartojimą, kuris skaidomas į ilgalaikių, kitų prekių bei paslaugų vartojimą, ir investicijų paklausos apimtį. Pagrindiniai aiškinamieji kintamieji vertinant investicijų paklausą yra bendrojo vidaus produkto pokyčiai ir praėjusio laikotarpio investicijos, o privatus vartojimo komponentės modeliuojamos naudojant namų ūkių disponuojamas pajamas.

Importas modelyje yra endogeninis kintamasis, nes importo paklausa priklauso nuo vidaus paklausos, o eksportas naudojamas kaip egzogeninis kintamasis.

LIMA modelyje, sudaromos lygtys kiekvienos paklausos komponentės defliatorių vertinimui, t. y. modeliuojamos vartojimo, investicijų ir eksporto kainos. Importo kainos modelyje yra egzogeninis kintamasis. Egzogeniniu kintamuoju modelyje laikomas ir BVP komponentas – valdžios sektoriaus vartojimas.

1.2.3. Nepalo makroekonometrinis modelis

Nepalo makroekonometrinis modelis yra vidutinio laikotarpio modelis. Modelį sudaro 37 lygtys, kuriose naudojami 59 metinio dažnumo kintamieji. Iš 37 lygčių 17 tapatybių. Todėl tai taip pat palyginus mažas makroekonometrinis modelis.

Nepalo makroekonometrinis modelis pagrįstas Keynes pajamų-išlaidų modeliu, kuriame bendrąjį vidaus produktą nulemia paklausa.

Makroekonometrinių modelių sudaro penki struktūriniai blokai: galutinės paklausos, kainų, pinigų ir kreditų, valstybės finansų bei mokėjimo balanso.

Galutinės paklausos bloko pagrindinis ekonominis indikatorius yra realus bendrasis vidaus produktas. Kainų bloke modeliuojamas vartojimo kainų indeksas ir BVP defliatoriai, pinigų ir kreditų bloke P2 pinigų kiekis, valdžios sektoriaus bloke – nemokestinės pajamos (kiti šio sektoriaus endogeniniai kintamieji apibrėžti tapatybėmis). Mokėjimų balanso bloke modeliuojamas prekių eksportas ir importas, užsienio skola bei oficialios kapitalo dotacijos.

1.2.4. Ekonominis modeliavimas Lietuvoje

Lietuvos makroekonometrinis modelis LITMOD. Vienas iš pirmųjų makroekonometrinių modelių Lietuvoje buvo LITMOD (D. Celov ir kt., 2003). Pirmojoje LITMOD modelio versijoje pagrindinis dėmesys buvo skiriamas energijos suvartojimui. 2004 metais Ūkio ministerijos užsakymu, Ekonomikos institutas, kartu su Danijos Risoe nacionaline laboratorija pateikė atnaujintą ir išplėstą LITMOD2004 versiją bei pateikė pagrindinių ekonomikos augimo tempų prognozes iki 2020 metų. Kuriant modelį siekta apibūdinti trumpalaikę ir vidutinio laikotarpio Lietuvos ekonomikos plėtrą ir struktūrą. Be to modelis turėjo padėti siekti vidinio ekonominės analizės nuoseklumo ir spręsti ekonominės plėtos problemas. Pagrindinis projekto dėmesys buvo skirtas energijos suvartojimui. Tačiau tam, kad gauti patikimas energijos paklausos prognozes, autoriai turėjo gauti patikimas kitų sektorių ekonominės plėtos prognozes.

LITMOD yra nedidelis, vidutinio laikotarpio, ketvirtinis paklausos modelis pagrįstas Keinstine makroekonomikos teorija. Visuminė paklausa modelyje suskaidyta į privatų vartojimą, investicijas, vyriausybinių vartojimą, eksportą ir importą. Modeliuoti ir atskiri pasiūlos elementai.

Svarbiausi modelio egzogeniniai kintamieji: gyventojų skaičius, įvairūs mokesčiai, mokesčių dydžiai, valdžios sektoriaus vartojimas, palūkanų norma, užsienio šalių kainos ir paklausa. Modelio endogeniniai rodikliai yra vartojimas ir paklausa, pajamos, valdžios sektoriaus deficitas, mokesčiai, darbo užmokestis, užimtumas, nedarbas ir darbo jėga, kainos, investicijos, importas, eksportas ir kiti rodikliai.

Nagrinėjamiems rodikliams aprašyti LITMOD modelyje naudojamos lygtys su regresine ir autoregresine komponentėmis:

$$\Delta \log(Y(t)) = \beta \cdot \Delta \log(f(X_1(t), X_2(t))) - \gamma (\log(Y(t-1)) - \log(f(X_1(t-1), X_2(t-1)))) + \varepsilon. \quad (1.6)$$

Čia Y – priklausomas kintamasis, X_1 , X_2 – nepriklausomi kintamieji, α ir β – vertinami parametrai.

Modelyje naudojamos ketvirtinės laiko eilutės nuo 1995 metų I ketvirčio iki 2002 metų II ketvirčio. Naudoti sektoriai duomenys (bendroji produkcija, BVP, sąnaudos, investicijos ir darbas), valdžios sektoriaus finansai (išlaidos, pajamos, skola, biudžeto perteklius), gyventojai ir socialinė statistika (gyventojų skaičius, užimtųjų skaičius, darbo jėga, nedarbo lygis), darbo užmokestis (vidutinis mėnesinis darbo užmokestis privačiame ir valstybiniame sektoriuose), mokėjimų balansas (einamoji sąskaita, importas ir eksportas, tiesioginės užsienio investicijos), bendrosios pridėtinės vertės komponentai (mokesčiai ir subsidijos gaminiams), pinigų, valiutų ir finansų rinkos statistika (valiutos kursas, palūkanų normos).

Nors pirmoje LITMOD versijoje naudotiems rodikliams eliminuota sezoninė komponentė, vėliau, dėl lengvesnio gautų modelio duomenų palyginamumo su oficialiąja statistika, sezoninės komponentės eliminavimo atsisakyta. Sezoninei komponentei aprašyti autoriai naudojo tik fiktyviuosius kintamuosius.

LITMOD projekto direktorius Frits Møller Andersen ir profesorius Eduardas Vilkas įvade pažymėjo, kad tam, kad modelis būtų naudingas, ekonominė ir ypač ekonometrinė modelio dalis reikalauja nuolatinės peržiūros, atnaujinimo ir naujų vertinimų. Nuo 2003 metų įvyko esminių pokyčių Lietuvoje, tačiau iki šių dienų nėra viešai prieinamos atnaujintos LITMOD modelio versijos.

Lietuvos bendrojo vidaus produkto modeliavimas. Bendrojo vidaus produkto, bendrosios pridėtinės vertės (BPV) pirminių įverčių pagal EVRK sekcijas, atitinkančių naujausius Eurostato reikalavimus, skaičiavimo modelį 2003 metais daktaro disertacijoje „Bendrojo vidaus produkto modeliavimas“ pateikė Vitalija Avdejenkova (V. Avdejenkova, 2003). Autorė atliko išsamią kitų šalių makroekonominių modelių analizę ir nustatė, kad šiuose modeliuose taikomus BVP modeliavimo metodus, pirmajam Lietuvos BVP įverčiui skaičiuoti naudoti netikslinga. Naudojant esamą standartinę programinę įrangą, taip pat negalima operatyviai gauti pakankamai tikslus BVP įverčius. Savo darbe V. Avdejenkova taikydama ūkio statistikos, makroekonominės teorijos, indeksų teorijos, hipotezių tikrinimo, koreliacinės analizės, regresinės analizės,

laiko eilučių teorijos, kointegravimo analizės metodus, sukūrė BPV pirmojo įverčio skaičiavimo metodiką ir sudarė skaičiavimo algoritmus.

BPV įverčių skaičiavimui buvo taikomi 5 tipų ekonometriniai modeliai:

1. Modeliai, kuriuose dalyvauja regresinės, trendo, sezoninė ar autoregresinės komponentės ar jų derinys:

$$Y_t = a_0 + \sum_{k=1}^K \sum_{l=0,1,4} a_{kl} \cdot X_k(t-l) + b_1 \cdot t + b_2 \cdot \frac{1}{t} + \sum_{s=1}^3 c_s \cdot S_s(t) + \sum_{j=1,4} d_j \cdot Y(t-j) + \varepsilon(t). \quad (1.7)$$

Čia $S_1(t), S_2(t), S_3(t)$ – sezono identifikavimo kintamasis:

$$S_i(t) = \begin{cases} 0, & \text{jei } t \neq i \text{ ketvirtis} \\ 1, & \text{jei } t = i \text{ ketvirtis} \end{cases}, \quad i = 1, 2, 3. \quad (1.8)$$

2. Antro tipo modeliai skyrėsi nuo pirmojo tipo tik tuo, kad vertinant parametrus naudojamas apibendrintas mažiausių kvadratų metodas, kai liekanos yra autokoreliuotos.
3. Trečio tipo modeliuose nagrinėti transformuoti rodikliai: santykiniai rodiklių reikšmių pokyčiai per metus, atvirkštiniai rodikliai (priklausomas kintamasis, regresoriai arba visi kintamieji), pokyčiai per ketvirtį bei jų logaritminės transformacijos.
4. Ketvirtojo tipo modelis – kointegravimo.
5. Penktojo tipo naudoti modeliai – liekanų. Šio tipo modeliai vertinami dviem etapais: eliminuojami ilgalaikiai trendai ir po to ieškoma prie ilgalaikio trendo pridėjama trumpalaikė priklausomybė.

Integracijos į Europos Sąjungą pasekmių Lietuvos ūkiui makroekonometrinis modeliavimas. Virmantas Kvedaras, 2004 metais, daktaro disertacijoje „Integracijos į Europos Sąjungą pasekmių Lietuvos ūkiui makroekonometrinis modeliavimas“ darbo tikslu iškelė sukurti integracijos į ES poveikio Lietuvos ūkiui bendrajam vidaus produktui įvertinimo modelį bei nustatyti konkrečią integracijos įtaką Lietuvos bendrajam vidaus produktui (V. Kvedaras, 2004). Sudarytas tikslinis integracijos pasekmių vertinimo makroekonometrinis modelis. Endogeniniais rodikliais pasirinkta bendroji produkcija, BVP, BVP defliatorius, darbo užmokestis, sąlyginis darbuotojų skaičius, visuminės privačios vartojimo išlaidos, valdžios išlaidos, visuminės investicijos ir importas. Darbo jėga, eksportas eksporto kainos, importo kainos, palūkanų normos buvo laikomi egzogeniniais kintamaisiais.

Pirmausia buvo formuojamas struktūrinis modelis:

$$\Gamma \Delta Y_t = HZ_{t-1} + F(t^-) \Delta Y_t + E(t^-) \Delta X_t + Det_t + \varepsilon_t. \quad (1.9)$$

Čia Y_t – endogeninių kintamųjų vektorius, X_t – egzogeninių kintamųjų vektorius, $Z_t' = (Y_t' : X_t')$, Γ – normalizuota, vienalaikius ryšius tarp endogeninių kintamųjų vektorius Y_t apibrėžianti, parametru matrica, narys HZ_{t-1} apibrėžia stacionarias kointegruotų nestacionarių kintamųjų tiesines transformacijas, $F(t^-)$ ir $E(t^-)$ – atitinkami vėluojančių stacionarių endogeninių kintamųjų bei stacionarių egzogeninių kintamųjų poveikį nusakantys polinomialai, t^- – vėlavimo operatorius, Det_t – determinuota modelio dalis, galinti apimti trendo funkciją, fiktyvius sezoniškumo kintamuosius ir nuo laiko nepriklausančią konstantą, ε_t – baltojo triukšmo procesas.

Po to tikrinamas modelio empirinis adekvatumas. Be to, buvo laikoma, kad struktūrinis modelis iš anksto apibrėžia potencialius kointegravimo vektorius ir jų skaičių. Naudojant kointegruotus kintamuosius, buvo sudarytas struktūrinis vektorinis paklaidų korekcijos modelis (SVECM).

Lietuvos ekonomikos matematiniai modeliai ekonominiams procesams prognozuoti. 2003 metais startavo projektas „Lietuvos ekonomikos matematiniai modeliai ekonominiams procesams prognozuoti“ (LEMM, 2003). Šio projekto vykdymo metu išskelti du pagrindiniai tikslai:

1. Sukurti taikomąjį bendrosios pusiausvyros Lietuvos modelį socialinės apskaitos matricos (SAM) bazėje ir modeliuoti įvairius ekonomikos ir politikos poveikius (vidinius ir užsienio, nominalius ir realius), kurie ateityje galėtų įtakoti Lietuvos ekonomiką;
2. Sukurti daugiasektorinį makroekonometrinių Lietuvos ekonomikos modelį, skirtą trumpalaikėms prognozėms.

Sukūrus modelius, planuota išbandyti juos sprendžiant mokesčių politikos, darbo jėgos migracijos procesų įtakos, galimų vidinių investicijų įtakos ekonomikos augimui, ES ekonominės politikos įtakos Lietuvos ekonomikai, kitų Lietuvos integracijos į ES pasekmių įtakos, socialinės politikos įtakos, technologinės pažangos įtakos, bei kai kurių išorinių faktorių įtakos, sprendimų, susijusių su energetikos sektoriumi, priėmimo, problemas.

Tikėtasi, kad galutinis viso projekto rezultatas bus reguliaraus prognozavimo sistemos įdiegimas plačiam ekonominių įvairių ekonomikos šakų kintamųjų elgesiui prognozuoti, prognozavimo sistema įgalins atlikti esamos ekonomikos būklės monitoringą.

Projekto rezultatai pateikti metinėse ataskaitose 2004, 2005 metais ir 2006 metų galutinėje ataskaitoje, tačiau apie jo taikymą ir atnaujinimus šiuo metu nepavyko rasti.

Lietuvos verslo ciklų modeliai. Aurelija Proškutė, 2013 metais disertacijoje „Ekonominių ciklų dinamika Lietuvoje ir ją lemiantys struktūriniai veiksniai“ analizavo Lietuvos ekonominius ciklus bei juos lemiančias struktūrinės priežastis. Buvo sudaryti du empiriniai verslo ciklų modeliai: dalinės bei bendrosios pusiausvyros, kuriais kiekybiškai vertinta struktūrinių šokų įtaka Lietuvos bendrajam vidaus produktui (BVP), darbo produktyvumui, darbo pasiūlai bei visuminės paklausos komponentams. Darbe pristatyti abiejų modelių rezultatai Lietuvai, jie palyginti su kitų mažų atvirų augančių ekonomikų rezultatais.

Pirmiausia buvo sudarytas struktūrinės vektorinės autoregresijos modelis, kuris naudotas pagrindinių Lietuvos darbo produktyvumo ir dirbtų valandų, kuriuos įtakoja technologiniai ir netechnologiniai šokai, verslo ciklų savybių nustatymui.

Antrasis įvertintas modelis grindžiamas dinaminio stochastiniu bendrosios pusiausvyros modeliu. Jis suteikia pilną informaciją apie verslo ciklus ir įvertina penkių šokų efektą agreguotai paklausai ir atskiriems jos komponentams: produkcijai, vartojimui, investicijoms ir darbo – produkcijos balanso santykiui.

Tyrimas parodė, kad Lietuvos ekonomikos realiojo BVP dinamiką 1995–2011 m. labiausiai įtakojo ilgalaikiai produktyvumo šokai. Antrasis pagal svarbą buvo pereinamasis produktyvumo šokas. Namų ūkių vartojimo pokyčius labiausiai lėmė preferencijų šokai ir jų paveikti tarplaikiniai vartojimo pasirinkimai. Didžiausias investicijų dinamikos veiksnys – palūkanų normų šokas. Nors valstybės išlaidų šokai neturėjo didelio ilgalaikio poveikio visuminės paklausos komponentų dinamikai, tačiau trumpuoju laikotarpiu įvertinta šių šokų įtaka prekybos balanso dalies bendrajame vidaus produkte dinamikai stipri. Prekybos balanso dalis BVP ilguoju laikotarpiu labiausiai priklausė nuo preferencijų šokų. Taip pat įvertinta, kad technologiniai šokai neturi stipraus neigiamo poveikio darbo pasiūlai Lietuvoje.

1.3. Pirmojo skyriaus išvados

1. Daugelis pasaulio šalių bei pasaulinių institucijų naudoja ekonominius modelius skirtingiems tikslams bei uždaviniams spręsti (ekonominio stabilumo, struktūrinių pasikeitimų padarinių, ūkio raidos, kiekybiniam svarstomų ir priimtų sprendimų, vidaus iš išorės politikos tinkamumo ekonominiams tikslams pasiekti bei ekonomikos politikos scenarijų poveikio vertinimui bei tyrimui), todėl jų svarba ir aktualumas neabejotinas.
2. Pirmame disertacijos skyriuje pateikta Anglijos banko ekonominio modelio, Austrijos makroekonominio modelio LIMA, Nepalo

makroekonometrinio modelio, ekonominio modeliavimo Lietuvoje apžvalga bei trumpai aptarti kiti ekonominiai modeliai, kurių gausa parodo, kad norint gauti adekvatų šalies ekonominiams procesams modelį, būtina atlikti išsamią šalies ypatumų, ekonominių ir matematinių prielaidų studiją, atrinkti pagrindinių ekonomikos kintamųjų rinkinį bei pasirinkti tinkamus modeliavimo metodus.

3. Atlikus užsienio šalių ekonominių modelių analizę, nustatyta, kad, dėl Lietuvos ūkio ypatumų ir jų sąlygojamų apribojimų, panaudoti kitų šalių kurtus modelius galima tik fragmentiškai.
4. Išanalizavus šalies ūkio modeliavimo patirtį Lietuvoje, nustatyta, kad dauguma ankstesnių sukurtų modelių buvo skirti konkrečių sričių pagrindinių ekonominių indikatorių modeliavimui arba konkrečių uždavinių ir problemų sprendimui.
5. Nestabiliomis šalies ūkio raidos sąlygomis taikant ekonometrinius modelius būtina aktualizuoti periodiškai atnaujinant modelio lygtis, iš naujo įvertinant jų parametrus, atsižvelgiant į pokyčius vidaus ekonomikoje ir jos aplinkoje.

2

Ekonometrijos anatomija. Ekonominių indikatorių modelio vertinimo metodai

Patikima ir nuosekli šalies ūkio analizė leidžia turėti bendrą šalies ūkio raidos vaizdą, suteikia galimybę įvertinti priimamų politinių/socialinių sprendimų ekonominę naudą bei apskaičiuoti prognozes. Šiam tikslui pirmiausia reikia nustatyti šalies ūkio sektorių svarbiausias charakteristikas, įvertinti analizuojamų ekonominių indikatorių tarpusavio ryšius, išanalizuoti jų modeliavimo galimybes, teorines prielaidas ir praktinio realizavimo būdus. Disertacijoje gvildinama problema – šalies ekonominių indikatorių modeliavimo teorinės ir praktinės galimybės, patikimų trumpalaikių prognozių apskaičiavimo būdai, ekonominių indikatorių laiko eilučių struktūros ir atskirų nestebimų komponentų vertinimo galimybės ir modelio tikslumo aspektai.

Įvairūs ekonominiai, kalendoriniai, politiniai, demografiniai ar kiti pokyčiai veikia ekonomines laiko eilutes – atsiranda pastovūs ar atsitiktiniai svyravimai, įvairios išskirtys, struktūriniai lūžiai, reikšmingas dispersijos kitimas laike. Dėl šių priežasčių ekonominių indikatorių laiko eilutės tampa sudėtingomis tiek savo prigimtimi, tiek jų vertinimo būdais. Tokias laiko eilutes pakankamai sudėtinga aprašyti, taikant įprastus laiko eilučių modeliavimo metodus. Dėl aukščiau paminėtų priežasčių bei gana sudėtingos Lietuvos ekonominės raidos, dauguma

šalies ekonominių laiko eilučių reikalauja sudėtingesnio ekonometrinio požiūrio. Šioms problemoms spręsti, darbe teikiama nauja šalies ekonominių indikatorių analizės ir modeliavimo metodologija – adaptuotas slenkstinis autoregresinis modelis (ASETAR), kai prieš modeliavimą atliekama pirminė laiko eilučių analizė ir koregavimas bei laiko eilučių nestebimų komponentų dažnuminė analizė.

Šiame skyriuje trumpai aprašyti darbe naudoti modeliavimo metodai, nusakytos priimtos prielaidos. Ypatingas dėmesys skirtas ekonominių laiko eilučių struktūrinei analizei, nes tolimesnėje darbo eigoje nustatyta, kad atskirų nestebimų laiko eilučių komponentų vertinimas reikšmingai pagerina bendrą modelio paklaidą. Pristatytas disertacijoje teikiamo naujo sudėtingos prigimties laiko eilučių modeliavimo metodo – ASETAR parametrų vertinimo algoritmas, aprašyta siūloma modelio lygčių sudarymo metodika.

Skyriaus tematika paskelbtos 2 autorės publikacijos (Bratčikovienė 2012, 2006) bei skaityti 3 pranešimai Lietuvos ir tarptautinėse mokslinėse konferencijose.

2.1. Laiko eilučių analizė

Laiko eilutės pagal savo charakteristikas (vidurkį, dispersiją ir kovariaciją) skirstomos į stacionarias ir nestacionarias. Stacionarioms laiko eilutėms $y(t)$ aprašyti naudojami modeliai:

- p -os eilės autoregresinis modelis $AR(p)$:

$$y(t) = \alpha_1 y(t-1) + \dots + \alpha_p y(t-p) + \varepsilon(t), \quad (2.1)$$

čia $\alpha_1, \dots, \alpha_p$ – modelio parametrai, ε_t – nepriklausomi standartiniai normaliai pasiskirstę atsitiktiniai dydžiai.

- q -os eilės slenkančio vidurkio modelis $MA(q)$:

$$y(t) = \varepsilon(t) + \beta_1 \varepsilon(t-1) + \dots + \beta_q \varepsilon(t-q), \quad (2.2)$$

čia β_1, \dots, β_q modelio parametrai, $\varepsilon(t)$ – nepriklausomi standartiniai normaliai pasiskirstę atsitiktiniai dydžiai.

- mišrus modelis $ARMA(p, q)$:

$$y(t) = \alpha_1 y(t-1) + \dots + \alpha_p y(t-p) + \varepsilon(t) + \beta_1 \varepsilon(t-1) + \dots + \beta_q \varepsilon(t-q). \quad (2.3)$$

Ekonominių indikatorių laiko eilutės dažniausiai nėra stacionarios, bet jų skirtumų arba aukštesnės eilės skirtumų eilutė yra stacionari. Tokios laiko eilutės, naudojant skirtumines transformacijas, aprašomos $ARIMA(p, d, q)$ modeliu.

ARIMA(p, d, q) modelis užrašomas kaip ARMA(p, q) modelis laiko eilutės d -os eilės skirtumams $\Delta^d x(t)$:

$$\Delta^d y(t) = \alpha_1 \Delta^d y(t-1) + \dots + \alpha_p \Delta^d y(t-p) + \varepsilon(t) + \beta_1 \varepsilon(t-1) + \dots + \beta_q \varepsilon(t-q). \quad (2.4)$$

Ne visas laiko eilutes, naudojant skirtumines transformacijas, galima suvesti į stacionarias. Tokių laiko eilučių modeliavimui taikomi įvairūs koregavimai, transformacijos ar sudėtingesni modeliai. Dauguma Lietuvos ekonominių laiko eilučių yra gana sudėtingos, todėl dažniausiai nepavyksta gauti tinkamų rezultatų, naudojant įprastus laiko eilučių analizės metodus. Tokios laiko eilutės reikalauja sudėtingesnių ekonometrinių vertinimų.

2.1.1. Laiko eilučių dekompozicija

Norint gauti detalesnę informaciją apie nagrinėjamą ekonominį indikatorių, svarbu žinoti jo struktūrą – nustatyti nestebimas komponentes. Ekonometrinės ekonominių indikatorių laiko eilučių analizės rezultatai yra nestebimų laiko eilutės komponentių (trendo, sezoninės, ciklo, atsitiktinės komponentės ir kt.) įverčiai.

Laiko eilutėms aprašyti, priklausomai nuo jų prigimties, taikomi adityvūs, multiplikatyvūs ar pseudo-adityvūs modeliai. Toliau trumpai aprašysime šiame darbe naudotus laiko eilučių dekompozicijos modelius:

1. Adityvus modelis – paprasčiausias nestebimų laiko eilučių komponentių modelis:

$$y(t) = \sum_i U_i(t). \quad (2.5)$$

Čia $U_i(t)$ – nestebimos laiko eilučių komponentės.

2. Multiplikatyvus modelis dažniausiai taikomas laiko eilutėms, kurių sezoninės komponentės dydis pastoviai auga arba mažėja laike. Tai būdinga daugumai makroekonominių laiko eilučių:

$$y(t) = \prod_i U_i(t). \quad (2.6)$$

Multiplikatyvų modelį, pritaikius logaritmines transformacijas, galima nesudėtingai suvesti į adityvų modelį, todėl toliau darbe aprašysime tik adityvius modelius.

3. Laiko eilutėms, kurių reikšmės yra teigiamos, o kai kuriais atitinkamais laiko momentais reikšmės yra labai mažos arba lygios nuliui, taikomas ir pseudo-adityvus modelis:

$$y(t) = T(t) \times \left(\sum_i (\tilde{U}_i(t)) - 1 \right) = T(t) \cdot (S(t) + IR(t) - 1). \quad (2.7)$$

Šis modelis naudojamas X12-ARIMA metode. Išsamiau laiko eilučių modeliavimo metodai aprašyti 2.1.4 skyrelyje, o jų vertinimas, naudojant modeliuotas laiko eilutes, pateiktas 2.3.2 skyrelyje.

Laiko eilučių dekompozicijai dažniausiai naudojamos šios nestebimos laiko eilutės komponentės:

- trendas, kuris parodo ilgalaikę kitimo tendenciją (toliau žymėsime $T(t)$). Dažnai šią tendenciją galima aprašyti kokia nors neatsitiktine monotoniška funkcija. Naudojami parametriniai ir nparametriniai trendo įverčiai.
- sezoninė komponentė, kuri aprašo periodiškai pasikartojančius tam tikrais metų laikotarpiais analizuojamos eilutės reikšmių svyravimus (toliau žymėsime $S(t)$). Į sezoninę komponentę įeina ir darbo dienų skaičiaus pasikeitimo bei švenčių įtakos įverčiai.

$$\sum_{i=1}^T S(i) = 0, \quad S(i) = S(i + k \cdot T), \quad i = 1, \dots, T, \quad k = 0, \dots, \frac{N-1}{T}. \quad (2.8)$$

- ciklo komponentė, kuri parodo ilgo laikotarpio, trunkančius ilgiau nei metai, neregularius svyravimus (toliau žymėsime $C(t)$).
- atsitiktinė komponentė, kuri nusako laiko eilutės atsitiktinius pokyčius (toliau žymėsime $IR(t)$). Dažniausiai ji aprašoma ARIMA modeliu.

2.1.2. Laiko eilučių pirminė analizė ir koregavimas

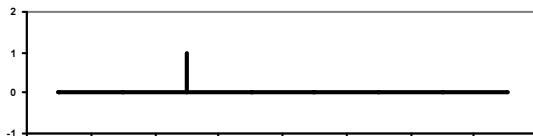
Pirminis laiko eilutės koregavimas atliekamas, norint tiksliau įvertinti nestebimas laiko eilutės komponentes. Pirmiausia įvertinamos išsiskiriančios reikšmės, nustatoma kalendoriaus, specifinių poveikių (darbo dienų, Velykų, atostogų, įstatymų pasikeitimo ir kt.) įtaka laiko eilutės reikšmėms, po to jos eliminuojamos.

Pirminio koregavimo elementus galima suskirstyti į tris grupes:

1. **Išsiskiriantys stebėjimai.** Laiko eilutėse dėl įvairių ekonominių, politinių ar kitų priežasčių gali atsirasti netikėti pasikeitimai, kuriuos sudėtinga aprašyti ARIMA modeliu. Dažniausiai išskiriami trijų tipų išsiskiriantys stebėjimai (R. Kaiser, A. Maravall 2002):
 - Adityvios išsiskiriančios reikšmės, momentiniai lygio pasikeitimai, veikiantys vieną laiko eilutės stebėjimą. Šiuos pokyčius gali

sąlygoti streikai, staigus trumpalaikis oro sąlygų pasikeitimas ar kt. Adityvi išsiskirianti reikšmė užrašoma:

$$D_t = \begin{cases} 0, & \text{kai } t \neq t_0 \\ 1, & \text{kai } t = t_0 \end{cases} \quad (2.9)$$

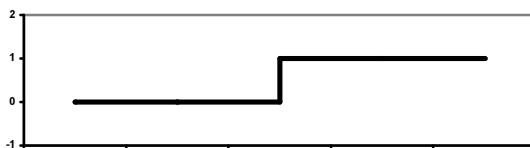


2.1 pav. Adityvios išsiskiriančios reikšmės schematinis vaizdavimas

Fig. 2.1. Schematic representation of additive outlier

- Lygio postūmiai, tai išskirtys, kai konkrečiu laiko momentu ženkliai pasikeičia laiko eilutės reikšmių vidurkis. Šis pokytis veikia visas laiko eilutės reikšmes nuo tam tikro momento. Pokyčiai gali atsirasti dėl pakitusio mokesčių tarifo, ekonominė krizės, struktūros pokyčio, teisės aktų pasikeitimo, tradicijų ar kitų priežasčių.

$$D_t = \begin{cases} 0, & \text{kai } t < t_0 \\ 1, & \text{kai } t \geq t_0 \end{cases} \quad (2.10)$$



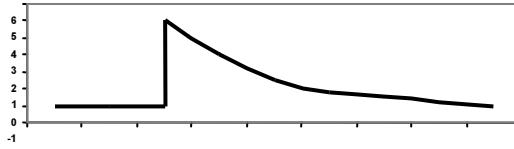
2.2 pav. Lygio postūmio schematinis vaizdavimas

Fig. 2.2. Schematic representation of level shift

- Praeinantys pokyčiai, tai išskirtys, panašios į adityvias išsiskiriančias reikšmes, tačiau jų įtaka tęsiasi ilgiau nei vieną laikotarpį. Kaip ir lygio postūmio atveju, šie pokyčiai veikia ne vieną laiko eilutės reikšmę – pirmiausia įvyksta staigus laiko eilutės reikšmių pokytis, o kitoms laiko eilutės reikšmėms šis poveikis

mažėja eksponentiškai. Praeinantys pokyčiai gali atsirasti dėl ekonominės krizės, ilgesnį laikotarpį trunkančios orų permainos ar kt.

$$D_t^{(t_0, t_1)} = \begin{cases} -1, & \text{kai } t \leq t_0 \\ (t - t_0)/(t_1 - t_0) - 1, & \text{kai } t_0 < t < t_1 \\ 0, & \text{kai } t \geq t_1 \end{cases} \quad (2.11)$$



2.3 pav. Praeinančio pokyčio schematinis vaizdavimas
Fig. 2.3. Schematic representation of transitory change

2. **Kalendoriaus įtaka.** Ekonominėms laiko eilutėms būdingi ne tik atsitiktiniai, bet ir pasikartojantys svyravimai. Galimos pasikartojančių svyravimų priežastys – kalendoriaus, administraciniai, socialiniai, kultūriniai, religiniai faktoriai, t. y. laiko eilučių reikšmės įtakoja skirtingas darbo dienų per laikotarpį skaičius, įvairios šventės ir atostogos.

2.1 lentelė. Regresiniai kintamieji, aprašantys kalendoriaus įtaką
Table 2.1. Regression variables for calendar impact

Regresorius	Kintamojo apibrėžimas
Darbo dienos (mėnesinio ir ketvirtinio dažnumo laiko eilutėms)	T_{1t} = pirmadienių skaičius – sekmadienių skaičius ..., T_{6t} = šeštadienių skaičius – sekmadienių skaičius
Mėnesio ilgis	$N_t - \bar{N}$, čia N_t – t-ojo mėnesio dienų skaičius, $\bar{N} = 30,4375$ vidutinis mėnesio dienų skaičius.
Keliamieji metai	$N_t - N_t^*$, čia $N_t^* = (N_t + N_{t-12} + N_{t-24} + N_{t-36})/4$, ne vasario mėnesį kintamasis lygus 0.

2.1 lentelės pabaiga**Table 2.1 ending**

Regresorius	Kintamojo apibrėžimas
Darbo dienų fondas (<i>stock</i>)	$T_{1,t} = \begin{cases} 1 \tilde{w} - oji & t \text{ mėnesio diena pirmadienis,} \\ -1 \tilde{w} - oji & t \text{ mėnesio diena sekmadienis,} \\ 0, & \text{kitais atvejais} \end{cases}$ <p>...,</p> $T_{6,t} = \begin{cases} 1 \tilde{w} - oji & t \text{ mėnesio diena šeštadienis,} \\ -1 \tilde{w} - oji & t \text{ mėnesio diena sekmadienis,} \\ 0, & \text{kitais atvejais} \end{cases}$
Velykų šventė	$E(w,t) = \frac{1}{w}$, dienų iki Velykų skaičius, ne vasario, kovo, ir balandžio mėnesiais (arba pirmą, antrą ketvirtį) kintamasis lygus 0. Vasario mėnesį nelygus 0, tik kai $w > 22$.
Tarptautinė darbo diena (mėnesinio dažnumo laiko eilutėms)	$L(w,t) = \frac{1}{w}$ čia $w - t$ -ojo mėnesio/ketvirčio dienų iki Tarptautinės darbo dienos skaičius, ne rugpjūčio ir rugsėjo mėnesiais kintamasis lygus 0.

Kadangi darbo dienų skaičius kinta kiekvieną ketvirtį/mėnesį, tai skirtingų laikotarpių rodiklių reikšmės sudėtinga palyginti ne tik dėl sezoninių svyravimų, bet ir dėl darbo dienų skaičiaus skirtumo. Be to, dauguma kalendorinių švenčių yra individualios kiekvienoje šalyje. Dėl skirtingo darbo dienų ar švenčių skaičiaus, net ir pagal identišką metodologiją apskaičiuotų rodiklių reikšmės skirtingose šalyse tampa nepalyginamomis. Šios problemos sprendžiamos eliminuojant darbo dienų ir švenčių įtaką tiriamo rodiklio reikšmėms, dažniausiai modeliuojant regresijos metodu (R. Kaiser, A. Maravall 2002). Standartiniai regresiniai kintamieji, aprašantys kalendoriaus įtaką, pateikti 2.1 lentelėje.

2.1.3. Laiko eilučių spektrinė analizė

Atlikus pirminę laiko eilutės analizę ir koregavimą, norint nustatyti laiko eilutės nestebimas komponentes, koreguotos laiko eilutės reikšmėms taikoma dažnuminė spektrinė analizė.

Kai turime stacionarią laiko eilutę, tai ją galima išskaidyti į begalinę svertinę periodinių ortogonalų komponentų sumą. Tuomet spektras apibrėžiamas:

$$Spectrum_y(\omega) = \frac{1}{2\pi} \sum_{j=-\infty}^{\infty} \gamma_j e^{-i\omega j}, \quad -\pi \leq \omega \leq \pi. \quad (2.12)$$

Čia $i^2 = -1$, ω – dažnis, matuojamas radianais, o γ_j sekos $\{y(t)\}$ j-ojo vėlavimo autokovariacijos funkcija.

Tuomet egzistuoja procesas $\{z(\omega), -\pi \leq \omega \leq \pi\}$ (Brockwell ir Davis, 1991) toks, kad

$$E\left[(z(\omega) - z(-\pi))(z(\omega) - z(-\pi))\right] = F_y[\omega] = \int_{-\pi}^{\omega} Spectrum_y(\omega) d\omega, \quad -\pi \leq \omega \leq \pi \quad (2.13)$$

ir $y(t) = \int_{-\pi}^{\pi} e^{i\omega t} dz(\omega)$, t. y. $y(t)$ galima išskaidyti į begalinę svertinę ortogonalų svyravimų, kurių dažnis ω , sumą.

Integruotų laiko eilučių dažnuminei analizei atlikti naudojamas pseudo-spektras:

$$S_y(\omega) = \frac{\sigma_{\varepsilon}^2}{2\pi |1 - e^{-i\omega}|^2}, \quad \omega \neq 0. \quad (2.14)$$

Spektro funkcijos pikai parodo esamas laiko eilutės komponentes. Pikas, kai $\omega = 0$, siejamas su trendo komponentė. Pikai esantys intervale $\left[0 + \varepsilon_1; \frac{\pi}{2} - \varepsilon_2\right]$, kai $\varepsilon_1, \varepsilon_2 > 0$ ir $\varepsilon_1 < \frac{\pi}{2} - \varepsilon_2$ parodo, kad tiriamoje laiko eilutėje yra svyravimų, kurių periodas ilgesnis nei metai, t.y. egzistuoja ciklo komponentė. Pikas, kai $\omega = \frac{\pi}{2}$ rodo, kad laiko eilutėje egzistuoja svyravimai besikartojantys vieną kartą kiekvienais metais, t.y. laiko eilutėje reikšminga sezoninė komponentė. Jeigu egzistuoja pikai intervale $\left(\frac{\pi}{2}; \pi\right)$, tai parodo, kad laiko eilutėje egzistuoja svyravimai, kurių periodas yra trumpesnis nei metai. Pikas kai $\omega = \pi$, parodo, kad laiko eilutėje yra sezoniškumų kurie kartojasi du kartus per metus.

2.1.4. Laiko eilučių modeliavimo metodai

Egzistuoja parametriniai ir neparametriniai laiko eilučių nestebimų komponenčių modeliavimo metodai, kurie naudoja skirtingus algoritmus ir principus. Toliau pateikiame trumpą šių metodų aprašymą.

Bendrą parametrinį laiko eilutės modelį galime užrašyti:

$$y(t) = \beta R'(t) + \eta' Cal(t) + \sum_{j=1}^k \alpha_j \lambda_j Ind(t_j) + \sum_{i=1}^l U_i(t). \quad (2.15)$$

Čia $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)'$ – regresijos parametru vektorius, $R'(t) = (r_1(t), r_2(t), \dots, r_n(t))$ regresoriniai kintamieji, $Cal(t)$ – matrica, kurios stulpelius sudaro kalendoriaus (darbo dienų, Velykų efekto, keliamųjų metų ir kt.) kintamieji, o η' atitinkamai kalendoriaus kintamųjų koeficientų vektorius, $Ind(t_j)$ galimų išsiskiriančių stebėjimų periodu t_j indikatorius, λ_j – j -tajį išsiskiriantį stebėjimą nusakantis kintamasis, α_j – vertinami atitinkami parametrai, $U_i(t)$ nestebimos (trends, sezoninė ir atsitiktinė) laiko eilutės komponentės.

Parametriniuose laiko eilučių nestebimų komponenčių modeliavimo metoduose, trends komponentė aprašoma tam tikra determinuota funkcija (pvz. tiesine, logaritmine, eksponentine, polinominė ir kt.), kurios parametrai įvertinami mažiausių kvadratų arba maksimalaus tikėtimumo metodais.

Sezoninė komponentė laiko momentu t apibrėžiama:

$$S(t) = \sum_{i=1}^{s-1} \alpha_i D_i(t), \quad (2.16)$$

kai

$$D_{it} = \begin{cases} 1 & \text{kai } t = i + ks \\ 0 & \text{kai } t \neq i + ks \end{cases}. \quad (2.17)$$

Čia α_i – vertinami parametrai, sąlyginis laikas $t = 1, 2, \dots, N$, $i = 1, 2, \dots, s-1$, $k = 0, 1, \dots$, o s – laiko eilutės periodiškumas.

Toks sezoninės komponentės apibrėžimas tenkina fiksuotos sezoninės komponentės reikalavimą, kad metų sezoninės komponentės reikšmių suma lygi nuliui:

$$\sum_{i=1}^s S_i = 0. \quad (2.18)$$

Nežinomų sezoninės komponentės parametrų vertinimui taip pat naudojami mažiausių kvadratų arba maksimalaus tikėtimumo metodai. Toliau trumpai aprašysime šiuos metodus.

Mažiausių kvadratų metodas

Tegul galioja modelis $\mathbf{U} = \theta^T \mathbf{X} + \boldsymbol{\varepsilon}$, čia $\mathbf{U} = (U_1, \dots, U_n)^T$ – nestebimų laiko eilutės komponentių reikšmių vektorius, $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_n)^T$ – nežinomų parametrų vektorius, $\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ – daugiamačių determinuotų dydžių X_1, X_2, \dots, X_n matrica, $\boldsymbol{\varepsilon} = (\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n)^T$ – modelio liekanų vektorius.

Mažiausių kvadratų metodo esmė yra rasti tokius nežinomų parametrų θ įverčius $\hat{\theta}$, kurie minimizuotų modelio paklaidas, t.y.

$$\hat{\theta} = \arg \min_{\theta} S(\theta) = \arg \min_{\theta} \sum_{t=1}^n (U(t) - \hat{U}(t))^2. \quad \text{Matricinėje formoje}$$

$S(\theta) = (\mathbf{U} - \theta^T \mathbf{X})(\mathbf{U} - \theta^T \mathbf{X})^T$. Funkcijos $S(\theta)$ minimumo tašką surandame

apskaičiavus išvestinę $\frac{1}{2} S'(\theta) = -\mathbf{XU}^T + \mathbf{XX}^T \theta$ ir prilyginus ją 0. Gauname

$\mathbf{XX}^T \theta = \mathbf{XU}^T$. Jei matrica $\mathbf{B} = \mathbf{XX}^T$ yra neišsigimusi, tai egzistuoja vienintelis sprendinys $\hat{\theta} = \mathbf{B}^{-1} \mathbf{XY}^T$, kuris vadinamas mažiausių kvadratų metodo įverčiu.

Maksimalaus tikėtimumo metodas

Maksimalaus tikėtimumo metodo įverčiai yra vieni iš tiksliausių, bet dažnai sunkiai įvertinami. Šis metodas gali būti taikomas kai žinomas skirstinys, pagal kurį pasiskirstęs nagrinėjamas atsitiktinis dydis.

Tegul nagrinėjamo atsitiktinio dydžio tankio funkcija yra $f(x)$, $f \in \{f_{\theta}, \theta \in \Theta\}$ tai tikėtimumo funkcija apibrėžiama $L(\theta) = \prod_{j=1}^n f_{\theta}(X_j)$.

Nežinomų parametrų $\hat{\theta}$ maksimalaus tikėtimumo įvertis yra funkcijos $L(\theta)$ maksimumo taškas, t.y. $\hat{\theta} = \arg \max_{\theta \in \Theta} L(\theta)$. Kad įvertinti nežinomus parametrus,

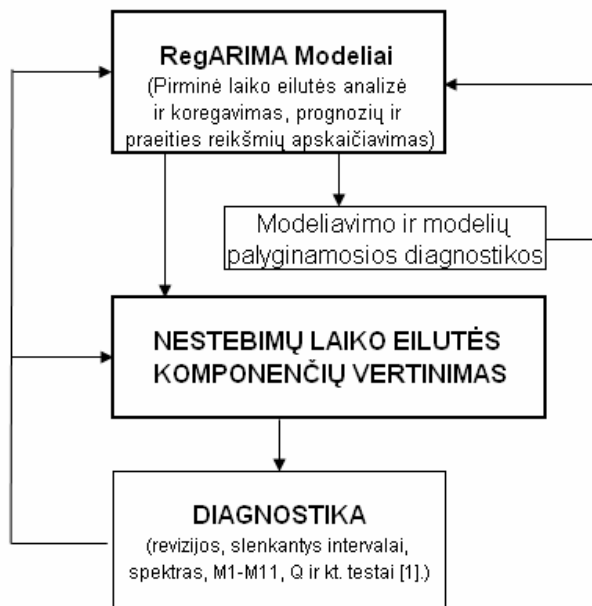
dažniausiai funkcija $L(\theta)$ logaritmuojama $l(\theta) = \ln L(\theta)$. Kadangi

$\theta = (\theta_1, \dots, \theta_n)^T$ turime n nežinomų parametru, tai toliau apskaičiuojamos dalinės $l(\theta)$ išvestinės pagal $\theta_1, \dots, \theta_n$ ir prilyginamos 0. Gautas rezultatas laikomas maksimalaus tikėtinumo metodo įverčiu.

Kai turime Gauso skirstinį, maksimalaus tikėtinumo metodo įvertis sutampa mažiausių kvadratų metodo įverčiu, t. y. $\hat{\theta} = \mathbf{B}^{-1} \mathbf{X} \mathbf{Y}^T$.

Neparametrinis laiko eilučių nestebimų komponentių vertinimo metodas **X-12-ARIMA** sukurtas X-11 (J. Shiskin, A. H. Yong ir J. C. Musgrave, 1967), X-11-ARIMA ir X-11-ARIMA/88 (E. B. Dagum, 1988) metodų pagrindu.

X-12-ARIMA metodo nestebimų komponentių vertinimo procedūra pavaizduota 2.4 paveiksle.



2.4 pav. X-12-ARIMA metodo laiko eilučių nestebimų komponentių vertinimo procedūra

Fig. 2.4. Unobserved time series components estimation in X-12-ARIMA

Laiko eilučių nestebimų komponentių vertinimui X-12-ARIMA metodu, daroma prielaida, kad laiko eilutę sudaro trys nestebimos komponentės: trendas,

sezoninė ir atsitiktinė komponentės. Vertinimas atliekamas trimis etapais: pirminė dekompozicija, sezoninės komponentės ir laiko eilutės, eliminavus sezoninę komponentę įvertinimas, galutinis Hendersono trendo ir galutinės atsitiktinės komponentės nustatymas. Toliau pateikiama nestebimų laiko eilutės komponentių vertinimo procedūra mėnesinio periodiškumo laiko eilutėm.

1. Jei Y_t mėnesinio periodiškumo laiko eilutė, be išsiskiriančių reikšmių, tai pirmame etape apskaičiuojamas pirminis trendas:

$$T_1(t) = \frac{1}{24}Y(t-6) + \frac{1}{12}Y(t-5) + \dots + \frac{1}{12}Y(t) + \dots + \frac{1}{12}Y(t+5) + \frac{1}{24}Y(t+6). \quad (2.19)$$

Naudojant svartinį slenkantį vidurkį apskaičiuojama pradinė preliminari sezoninė komponentė:

$$\begin{aligned} \hat{S}_1(t) &= \frac{1}{9}SI_1(t-24) + \frac{2}{9}SI_1(t-12) + \\ &+ \frac{3}{9}SI_1(t) + \frac{2}{9}SI_1(t+12) + \frac{1}{9}SI_1(t+24). \end{aligned} \quad (2.20)$$

- Multiplikatyvaus ir pseudo-adityvaus modelio atveju

$$SI_1(t) = \frac{Y(t)}{T_1(t)}, \quad (2.21)$$

- adityvaus modelio atveju

$$SI_1(t) = Y(t) - T_1(t). \quad (2.22)$$

Preliminarus sezoninis faktorius apskaičiuojamas:

- multiplikatyvaus ir pseudo-adityvaus modelio atveju

$$S_1(t) = \frac{\hat{S}_1(t)}{\frac{1}{24}\hat{S}_1(t-6) + \frac{1}{12}\hat{S}_1(t-5) + \dots + \frac{1}{12}\hat{S}_1(t+5) + \frac{1}{24}\hat{S}_1(t+6)}, \quad (2.23)$$

- adityvaus modelio atveju

$$S_1(t) = \hat{S}_1(t) - \left(\frac{\hat{S}_1(t-6)}{24} + \frac{\hat{S}_1(t-5)}{12} + \dots + \frac{\hat{S}_1(t+5)}{12} + \frac{\hat{S}_1(t+6)}{24} \right). \quad (2.24)$$

Pradinė laiko eilutė, eliminavus sezoną apskaičiuojama:

- multiplikatyvaus modelio atveju

$$A_1(t) = \frac{Y(t)}{S_1(t)}, \quad (2.25)$$

– adityvaus modelio atveju

$$A_1(t) = Y(t) - S_1(t), \quad (2.26)$$

– pseudo-adityvaus modelio atveju

$$A_1(t) = Y(t) - T_1(t)(S_1(t) - 1). \quad (2.27)$$

2. Antrajame etape įvertinama sezoninė komponentė ir gaunama laiko eilutė eliminavus sezoninę komponentę. Tam nustatomi Hendersono svoriai $h_j^{(2H+1)}$, $-H \leq j \leq H$, ($h_j = h_{-j}$)

$$h_j^{(2H+1)} = \frac{315[(n-1)^2 - j^2][n^2 - j^2][(n+1)^2 - j^2][3n^2 - 16 - 11j^2]}{8n(n^2 - 1)(4n^2 - 1)(4n^2 - 9)(4n^2 - 25)}, \quad (2.28)$$

bei tenkinantys savybes $\sum_{j=-p}^p h_j = 1$, $\sum_{j=-p}^p j h_j = 0$, $\sum_{j=-p}^p j^2 h_j = 0$.

Apskaičiuojamas tarpinis trendas:

$$T_2(t) = \sum_{j=-H}^H h_j^{(2H+1)} A_1(t+j). \quad (2.29)$$

Naudojant svertinį slenkantį vidurkį, įvertinama preliminari sezoninė komponentė

$$\begin{aligned} \hat{S}_2(t) &= \frac{1}{15} SI_2(t-36) + \frac{2}{15} SI_2(t-24) + \frac{3}{15} SI_2(t-12) + \frac{3}{15} SI_2(t) \\ &+ \frac{3}{15} SI_2(t+12) + \frac{2}{15} SI_2(t+24) + \frac{1}{15} SI_2(t+36). \end{aligned} \quad (2.30)$$

– multiplikatyvaus ir pseudo-adityvaus modelio atveju

$$SI_2(t) = \frac{Y(t)}{T_2(t)}, \quad (2.31)$$

– adityvaus modelio atveju

$$SI_2(t) = Y(t) - T_2(t). \quad (2.32)$$

Apskaičiuojama galutinė sezoninė komponentė

– multiplikatyviam ar pseudo-adityviam modeliui

$$S_2(t) = \frac{\hat{S}_2(t)}{\frac{1}{24} \hat{S}_2(t-6) + \frac{1}{12} \hat{S}_2(t-5) + \dots + \frac{1}{12} \hat{S}_2(t+5) + \frac{1}{24} \hat{S}_2(t+6)}, \quad (2.33)$$

o adityviam modeliui

$$S_2(t) = \hat{S}_2(t) - \left(\frac{\hat{S}_2(t-6)}{24} + \frac{\hat{S}_2(t-5)}{12} + \dots + \frac{\hat{S}_2(t+5)}{12} + \frac{\hat{S}_2(t+6)}{24} \right). \quad (2.34)$$

Įvertinama laiko eilutė, kuriai eliminuota sezoninė komponentė:

– multiplikatyvaus modelio atveju

$$A_2(t) = \frac{Y(t)}{S_2(t)}, \quad (2.35)$$

– adityvaus modelio atveju

$$A_2(t) = Y(t) - S_2(t), \quad (2.36)$$

– pseudo-adityvaus modelio atveju

$$A_2(t) = Y(t) - T_2(t)(S_2(t) - 1). \quad (2.37)$$

3. Trečiajame etape įvertinamas galutinis Hendersono trendas ir galutinė atsitiktinė komponentė.

Galutinio trendo įvertinimas atliekamas pagal

$$T_3(t) = \sum_{j=-H}^H h_j^{2H+1} A_2(t+j). \quad (2.38)$$

Galutinė atsitiktinė komponentė apskaičiuojama:

– multiplikatyvaus ir pseudo-adityvaus modelio atveju

$$IR_3(t) = \frac{A_2(t)}{T_3(t)}, \quad (2.39)$$

– adityvaus modelio atveju

$$IR_3(t) = A_2(t) - T_3(t). \quad (2.40)$$

2.1.5. Laiko eilučių nestebimų komponentių vertinimo diagnostika

Įvertinus laiko eilutės nestebimas komponentes, tikslinga patikrinti jų kokybę. Tai atliekama apskaičiuojant diagnostines statistikas, tikrinant liekanų autokoreliaciją, nepriklausomumą, liekanų pasiskirstymą pagal normalųjį dėsnį. Modeliuojant X-12-ARIMA metodu vertinamos M1, M3-M11 kokybės statistikos. Šios statistikos įgyja reikšmes nuo 0 iki 3. Sudarytų modelių kokybė tinkama, jei M1, M3-M11 statistikų įgytos reikšmės yra mažesnės už 1.

- $M1$ statistika matuoja atsitiktinės komponentės įtaką laiko eilutei. Jei atsitiktinė komponentė reikšmingai įtakoja laiko eilutės reikšmes, tai sudėtinga pakankamai tiksliai išskirti nestebimas laiko eilutės komponentes (D. Ladiray, B. Quenneville, 2001):

$$M1 = 10 * \frac{\bar{I}_3^2}{\bar{O}_3^2}, \quad (2.41)$$

čia $\bar{O}_i^2 = \bar{I}_i^2 + \overline{TC}_i^2 + \bar{S}_i^2$, o $\bar{I}_i^2 = \sum_{t=2}^N (IR_t - IR_{t-1})^2 / (N-1)$,

$$\overline{TC}_i^2 = \sum_{t=2}^N (TC_t - TC_{t-1})^2 / (N-1), \quad \bar{S}_i^2 = \sum_{t=2}^N (S_t - S_{t-1})^2 / (N-1).$$

Čia IR – atsitiktinė komponentė, TC – trendo-ciklo komponentė, S – sezoninė komponentė.

- $M3$ statistika matuoja atsitiktinės ir trendo komponentių sąryšį. Mėnesinio dažnumo laiko eilutėms ši statistika apskaičiuojama pagal:

$$M3 = \frac{1}{2} \times \left(\frac{\bar{I}}{\overline{TC}} - 1 \right), \quad (2.42)$$

ketvirtinio dažnumo laiko eilutėms

$$M3 = \frac{1}{0,67} \times \left(\frac{\bar{I}}{\overline{TC}} - 0,33 \right). \quad (2.43)$$

- $M4$ statistika vertina ar liekamasis narys yra atsitiktinis. Tam naudojama ADR statistika, kuri parodo vidutinį nuosekliai einančių mėnesių skaičių, kurių pokyčiai yra to paties ženklo (augimas arba kritimas) (D. Ladiray, B. Quenneville, 2001).

$$M4 = \frac{\left| \frac{N-1}{ADR} - \frac{2(N-1)}{3} \right|}{2,577 \times \sqrt{\frac{16N-29}{90}}}. \quad (2.44)$$

- $M5$ statistika vertina atitinkamų atsitiktinės komponentės ir trendo-ciklo komponentės pokyčių dydį. Apskaičiuojami $\frac{\bar{I}_k}{\overline{TC}_k}$ santykiai, čia k yra vėlavimo parametras (k kinta nuo 1 iki 12 mėnesinio dažnumo laiko

eilutėms, arba nuo 1 iki 4 ketvirtinio dažnumo laiko eilutėms).

Surandamas toks k , kad $\frac{\bar{I}_k}{TC_k} \leq 1$, su bet kuriuo $j \geq k$. Kai

$$MCD' = (k-1) + \frac{\frac{\bar{I}_{k-1}}{TC_{k-1}} - 1}{\frac{\bar{I}_{k-1}}{TC_{k-1}} - \frac{\bar{I}_k}{TC_k}}, \text{ tai mėnesinio dažnumo laiko}$$

eilutėms:

$$M5 = \frac{MCD' - 0,5}{5}, \quad (2.45)$$

ketvirtinio dažnumo laiko eilutėms:

$$M5 = \frac{QCD' - 0,17}{1,67}, \quad (2.46)$$

čia QCD' apskaičiuojamas ketvirtinio dažnumo laiko eilutėms analogiškai kaip ir MCD' mėnesinio dažnumo.

- $M6$ statistika vertina ar įmanoma kokybiškai atskirti atsitiktinę komponentę nuo sezoninės.

$$M6 = \frac{1}{2,5} \times \left| \frac{\bar{I}}{\bar{S}} - 4 \right|. \quad (2.47)$$

- $M7$ statistika naudojama, nustatyti ar sezoninę komponentę galima vertinti naudojant X-12-ARIMA metodą.

$$M7 = \sqrt{\frac{1}{2} \left(\frac{7}{F_S} + \frac{3F_M}{F_S} \right)}. \quad (2.48)$$

Čia $F_S = \frac{S_A^2 / (k-1)}{S_R^2 / (n-k)}, \quad F_M = \frac{S_B^2 / (N-1)}{S_R^2 / (N-1)(k-1)}, \quad 0$

$$S_A^2 = N \sum_{j=1}^k \left(\sum_{i=1}^N \frac{X_{ij}}{N} - \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^N \frac{X_{ij}}{kN} \right)^2, \quad S_B^2 = k \sum_{i=1}^N \left(\sum_{j=1}^k \frac{X_{ij}}{k} - \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^N \frac{X_{ij}}{kN} \right)^2$$

$$\text{ir } S_R^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^k \left(X_{ij} - \sum_{j=1}^k \frac{X_{ij}}{k} - \sum_{i=1}^N \frac{X_{ij}}{N} + \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^N \frac{X_{ij}}{kN} \right)^2.$$

- $M8$ statistika matuoja sezoninės komponentės svyravimų dydį.

$$M8 = 100 \times |\Delta \bar{S}| \times \frac{1}{10}, \quad (2.49)$$

$$\text{čia } |\Delta \bar{S}| = \frac{1}{\sum_{j=1}^k (n_j - 1)} \sum_{j=1}^k \sum_{i=2}^{n_j} |S_{i,j} - S_{i-1,j}|.$$

- $M9$ statistika matuoja sezoninės komponentės svyravimų tendencijas. Jei sezoninėje komponentėje yra tik atsitiktiniai svyravimai, tai $M9$ statistikos reikšmė bus artima 0.

$$M9 = \frac{10}{\sum_{j=1}^k (n_j - 1)} \sum_{j=1}^k |S_{n_j,j} - S_{1,j}|. \quad (2.50)$$

- $M10$ statistika sutampa su $M8$ statistika, jei matuojame paskutinių trijų metų svyravimus.

$$M10 = 100 \times |\Delta \bar{S}|_R \times \frac{1}{10}, \quad (2.51)$$

$$\text{čia } |\Delta \bar{S}|_R = \frac{1}{3k} \sum_{j=1}^k \sum_{i=n_j-2}^{n_j} |S_{i,j} - S_{i-1,j}|.$$

- $M11$ statistika sutampa su $M9$ statistika, jei matuojame paskutinių trijų metų svyravimus.

$$M11 = \frac{10}{3k} \sum_{j=1}^k |S_{n_j,j} - S_{n_j-2,j}|. \quad (2.52)$$

Liekanų autokoreliacija, naudojant parametrinį ar neparametrinį metodus, tikrinama naudojant tris kriterijus – Ljung-Box, Box-Pierce statistikas bei Durbino-Watsonio kriterijų.

Liekanų autokoreliacijai nustatyti, tikrinama hipotezė H_0 kuri teigia, kad liekanų autokoreliacijos nėra. Tam vertinama statistika Ljung-Box, kuriai skaičiuoti naudojamos dviejų metų liekanų autokoreliacijos. H_0 priimama, jei Ljung-Box statistikos reikšmė mažesnė už reikšmingumo lygmens α lygio χ_m^2

skirstinio kvantilį ($\chi_{m,\alpha}^2$), čia m – laisvės laipsniai. Laiko eilutės $y(t)$ stebėjimų x_t , kai $t = 1, 2, \dots, n$ autokoreliaciją su k -juoju vėlavimu žymėsime:

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n y_t y_{t-k}}{\sum_{t=1}^n y_t^2}. \quad (2.53)$$

Laiko eilutės Ljung-Box statistika, esant vėlavimui M apskaičiuojama:

$$Q' = n(n+2) \sum_{k=1}^M \frac{r_k^2}{n-k}. \quad (2.54)$$

Box-Pierce statistika naudojama H_0 hipotezei tikrinti, kuri teigia, kad tarp liekanų nėra sezoninės autokoreliacijos. H_0 priimama, kai Box-Pierce statistikos reikšmė yra mažesnė už reikšmingumo lygmens α lygio χ_2^2 skirstinio kvantilį ($\chi_{2,\alpha}^2$). Box-Pierce statistika, esant vėlavimui M apskaičiuojama pagal formulę:

$$Q = n \sum_{k=1}^M r_k^2. \quad (2.55)$$

Liekanų autokoreliacija vertinama naudojama Durbino-Watsono kriterijaus statistiką:

$$d = \frac{\sum_{t=2}^T (\varepsilon_t + \varepsilon_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^T \varepsilon_t^2}. \quad (2.56)$$

Hipotezės tikrinimui, kad liekanos autokoreliuotos, pasirinkamas reikšmingumo lygmuo α ir gauta kriterijaus reikšmė palyginama su Durbino-Watsono kriterijaus pasirinkto reikšmingumo lygmens kritinėmis reikšmėmis (d_L ir d_U). Autokoreliacija reikšminga, jei $d < d_L$ arba $d > 4 - d_L$. Liekanų koreliacija statistiškai nereikšminga, jeigu $d_U < d < 4 - d_U$. Durbino-Watsono statistika įgyja reikšmes nuo 0 iki 4. Kuo d arčiau 2, tuo mažiau tikėtina, kad autokoreliacija reikšminga.

Liekanų nepriklausomumas tikrinamas dviejų kriterijų pagalba – Ljung-Box ir Box-Pierce. Ljung-Box statistikos vertinimui naudojamos dvejų metų liekanų kvadratų autokoreliacijos. H_0 priimama, jei Ljung-Box statistikos reikšmė

mažesnė už pasirinkto reikšmingumo lygmens α lygmens χ_m^2 skirstinio kvantilį ($\chi_{m,\alpha}^2$), čia m – laisvės laipsniai (periodų skaičius padaugintas iš dviejų atimant *ARIMA* koeficientų skaičių).

Box-Pierce statistika naudojama hipotezei H_0 tikrinti, kad liekanos yra sezoniškai nepriklausomos. Box-Pierce statistikai skaičiuoti naudojamos autokoreliacijos pirmiems dviems liekanų kvadratų sezoniniams vėlavimams. H_0 priimta, kai Box-Pierce statistikos reikšmė mažesnė už reikšmingumo lygmens α lygio χ_2^2 skirstinio kvantilį ($\chi_{2,\alpha}^2$).

Papildomai nestebimų laiko komponentių modeliavimo kokybei tikrinti naudojama modelio liekanų spektrinė analizė. Sezoninės komponentės eliminavimo stabilumas tikrinamas apskaičiuojant diagnostines statistikas slenkantiems persidengiantiems laiko eilutės intervalams, taip pat vertinamas revizijos dydis.

2.2. Autoregresiniai SETAR modeliai

Įvairūs socialiniai, ekonominiai ar politiniai pokyčiai įtakoja ekonominių indikatorių laiko eilučių reikšmes – atsiranda struktūriniai laiko eilučių pokyčiai, laiko eilutės dispersija tampa nepastovi laike, didėja laiko eilutės verslo ciklo asimetriškumas¹, įvyksta kiti laiko eilutės pokyčiai, kurie komplikuoja laiko eilutės modeliavimą (D. Dijk ir B. Silverstovs, 2003). Todėl, daugelį realių laiko eilučių sudėtinga, o kartais ir neįmanoma pakankamai tiksliai aprašyti taikant įprastus tiesinius laiko eilučių modeliavimo metodus. Tokiais atvejais naudojami netiesiniai modeliai. Šiame darbe naudoti slenkstiniai autoregresiniai modeliai.

Slenkstiniai autoregresiniai modeliai sudaro didelę stochastinių, su netiesine struktūra, laiko eilučių klasę. SETAR (Self-Exciting Threshold AutoRegressive) modeliai priklauso šiai klasei. Naudojant SETAR modelius, laiko eilučių reikšmės, pagal specifinį slenkstinį kintamąjį, klasifikuojamos į skirtingus reikšmių poklasius.

SETAR modelius pasiūlė Tong 1978. Tolimesnė šio modelio plėtotė ir analizė buvo aprašyta Tong ir Lim 1980 metų ir Tong 1995 metų darbuose. Slenkstiniuose autoregresijos modeliuose (TAR) laiko momento t slenkstis nustatomas lyginant vertinamą kintamąjį su slenkščio reikšme r . SETAR modeliuose slenkščio kintamasis yra tiriamos laiko eilutės reikšmė su poslinkiu (H. Feng, J. Liu, 2002).

¹ Keynes (1936) nustatė, kad verslo ciklo asimetrija įvyksta, kadangi ekonomika elgiasi skirtingai plėtos ir recesijos periodais: biznio ciklo kritimai yra trumpesni ir staigėsniai, nei pakilimai.

Dviejų poklasių slenkstinių autoregresijos modelių, naudojant indikatorius funkciją, galima užrašyti:

$$y(t) = \text{Ind}_{1,t-d}(r) \left(\gamma_{1,0} + \sum_{j=1}^{p_1} \gamma_{1,j} y(t-j) + e_1(t) \right) + \text{Ind}_{2,t-d}(r) \left(\gamma_{2,0} + \sum_{i=1}^{p_2} \gamma_{2,i} y(t-i) + e_2(t) \right) \quad (2.57)$$

Čia $\text{Ind}_{1,t-d}(r) = \text{Ind}(y(t-d) \leq r) = \begin{cases} 1 & \text{kai } y(t-d) \leq r \\ 0 & \text{kitais atvejais} \end{cases}$, ir atitinkamai

$\text{Ind}_{2,t-d}(r) = \text{Ind}(y(t-d) > r) = \begin{cases} 1 & \text{kai } y(t-d) > r \\ 0 & \text{kitais atvejais} \end{cases}$, $t = 1, \dots, n$, d – vėlavimo

parametras, r slenkščio reikšmė, o $e_i(t) \sim iid(0,1)$, $i = 1, 2$.

Liekanose e_i ($i = 1, 2$) leidžiamas heteroskedastiškumas (dispersija gali būti nepastovi), kuris priklauso nuo duomenų suskaidymo į reikšmių poklasius.

Modeliuojant laiko eilutes slenkščio kintamasis r nėra žinomas. Šis parametras labai svarbus, nes laiko eilutės reikšmių skaidymas į du reikšmių poklasius tiesiogiai priklauso nuo slenkščio reikšmės. Kai slenkščio kintamasis fiksuotas, SETAR modeliai yra tiesiniai parametru atžvilgiu. Galimų slenkščio kintamųjų aibė $R \equiv \{r_1, r_2, \dots, r_k, \dots, r_n\} \subset [\min r_k, \max r_k]$, kai $k = 1, 2, \dots, n$, turi būti tokia, kad visose reikšmių poklasiuose autoregresijos parametru apskaičiavimui būtų pakankamai laiko eilutės narių. Praktikoje dažniausiai r parenkamas toks, kad kiekvienas reikšmių poklasis tenkintų $R = \{r \mid y([\pi(n-1)]) \leq r \leq y([(1-\pi)(n-1)])\}$ (H. Feng, L. Lui, 2002). Griežtos procedūros, pagal kurią būtų nustatomas slenkščio kintamasis r ir poslinkio parametras d nėra nusakytos. Dažniausiai jie parenkami taip, kad būtų minimizuojama vidutinė kvadratinė paklaida, vidutinė absoliutinė paklaida, kvadratinų liekanų suma ar Akaike informacinis kriterijus (AIC).

SETAR modelio parametrus, kai fiksuotas slenkščio kintamasis, galima įvertinti naudojant mažiausių kvadratų metodą.

2.3. Modelio vertinimo pagrindimas: tyrimo metodika, algoritmai ir analizė

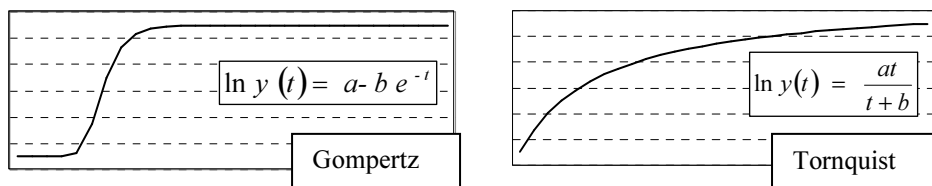
Vienas iš ekonometrijos tikslų yra, išanalizavus ekonominių laiko eilučių dėsningumus, rasti matematinius metodus, kurių pagalba galima ne tik nustatyti ekonominių indikatorių tarpusavio ryšius, aprašyti tiriamą laiko eilutę, bet ir analizuoti įvairių ekonominių šokų įtaką, prognozuoti ir t.t. Egzistuoja nemažai skirtingų ekonometrinių metodų, kuriuos galima naudoti ekonominių laiko eilučių modelių vertinimui. Tačiau norint sudaryti modelius, kurie adekvačiai

reaguotų į įvairius ekonominius impulsus būtina išanalizuoti tiriamų laiko eilučių struktūrą. Dėl per palyginus trumpą laikotarpį sparčiai besikeičiančių ekonominių, socialinių bei politinių sąlygų Lietuvoje, šalies ekonominių indikatorių laiko eilutės pakankamai sudėtingos ir todėl dažniausiai neįmanoma jas aprašyti naudojant tradicinius ekonometrinius metodus.

Nuodugnai išanalizavus Lietuvos ekonominių indikatorių struktūrą ir jų modeliavimo galimybes, pasiūlyta nauja modelio lygčių sudarymo metodika, pagrįsta disertaciniame darbe aprašytais tyrimais. Toliau pateikiama modeliuotų laiko eilučių nestebimų komponentių vertinimo metodų lyginamoji analizė, kurios rezultatai pritaikyti kuriant modeliavimo metodą, aprašytas ASETAR metodo parametrų vertinimo algoritmas, kuris naudojamas sudėtingos prigimties laiko eilučių modeliavimui.

2.3.1. Laiko eilučių komponentių nustatymo analizė

Norint nustatyti, ar spektrinės analizės rezultatai patikimai nustato nestebimas laiko eilučių komponentes, buvo naudotos modeliuotos laiko eilutės. Nagrinėta 800 skirtingų modeliuotų laiko eilučių, sudarytų iš trendo, sezoninės ir atsitiktinės komponentės. Imituojant realias ekonominių indikatorių laiko eilutes, pasirinktos dvi skirtingos, sudėtingesnio tipo, trendo funkcijos:



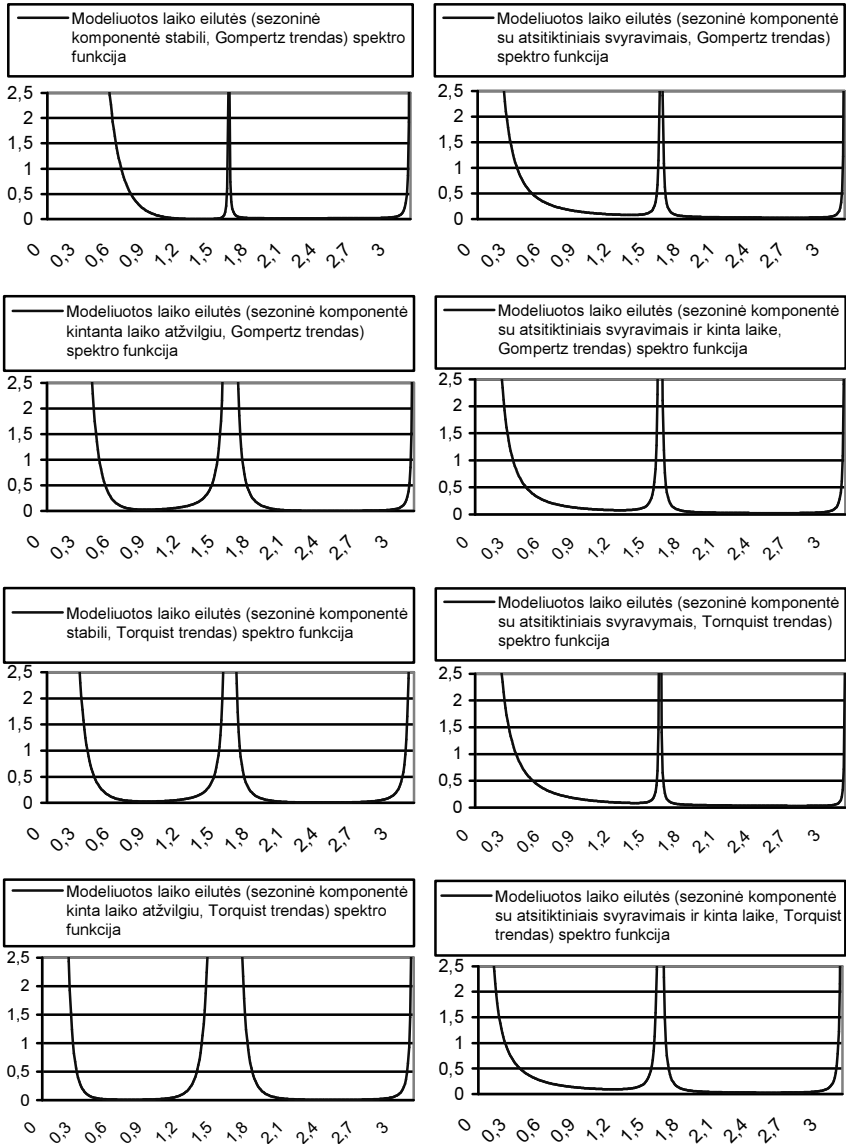
2.5 pav. Modeliuotų laiko eilučių trendo funkcijos

Fig. 2.5. Trend functions of simulated time series

Sudarytos keturių rūšių sezoninės komponentės: stabili, kintanti laiko atžvilgiu, stabili su atsitiktiniais svyravimais ir kintanti laiko atžvilgiu su atsitiktiniais svyravimais. Sumodeliuota 100 skirtingų atsitiktinės komponentės eilutės determinuotos nestebimos komponentės. Galutinės modeliuotos laiko eilutės apskaičiuotos naudojant adityvų modelį:

$$y(t) = \sum_i U_i(t) = T(t) + S(t) + IR(t), T = 1, 2, \dots, 64. \quad (2.58)$$

Norint patikrinti teiginį apie spektrinės analizės patikimumą nustatant nestebimas laiko eilutės komponentes, modeliuotoms laiko eilutėms buvo sudaryti spektrinių funkcijų grafikai. Kad neišplėstume šio darbo apimties, čia



2.6 pav. Modeliuotų laiko eilučių spektrinės funkcijos

Fig. 2.6. Spectral functions of simulated time series

pateiksime tik po vieną skirtingo trendo ir sezoninės komponentės analizuotų laiko eilučių atvejį.

Norint patikrinti teiginį apie spektrinės analizės patikimumą nustatant nestebimas laiko eilutės komponentes, modeliuotoms laiko eilutėms buvo sudaryti spektrinių funkcijų grafikai. 2.6 paveiksle pavaizduoti skirtingo trendo ir sezoninės komponentės analizuotų laiko eilučių atvejai.

Visų modeliuotų laiko eilučių spektrinių funkcijų grafikų pikai, nepriklausomai nuo trendo ir sezoninės komponentės tipo, buvo pasiekti trijuose taškuose $\omega = 0$, $\omega = \frac{\pi}{2}$ ir $\omega = \pi$, kurie rodo, kad tirtos laiko eilutės turi tendą

bei sezoninę komponentę, kurios pikai kartojasi du kartus per metus. Atliktos analizės rezultatai patvirtina teiginį, jog spektrinė analizė pakankamai tiksliai nurodo laiko eilutės nestebimas komponentes, nepriklausomai nuo laiko eilutės trendo pavidalo, sezoniškumo tipo ar atsitiktinės komponentės svyravimų. Todėl, remiantis gautais rezultatais, nuspręsta, prieš sudarant šalies ekonominių indikatorių modelio lygtis, visiems endogeniniams ir egzogeniniams rodikliams atlikti spektrinę analizę.

Analizuojant realias Lietuvos ekonominių indikatorių laiko eilučių spektro funkcijas nustatyta, kad dauguma jų turi reikšmingą sezoninę komponentę. Atlikus detalią analizę ir lyginant modeliavimo rezultatus su faktiniais nustatyta, kad modeliuojant atskiras komponentes gaunamos mažesnės modelių ir prognozės paklaidos. Todėl modeliuojant atskirų ekonominių indikatorių laiko eilutes, išskirtos nestebimos laiko eilučių komponentės.

2.3.2. Laiko eilučių nestebimų komponentių vertinimo metodų lyginamoji analizė

Laiko eilučių nestebimų komponentių vertinimo metodų lyginamosios analizės tikslas – nustatyti kuris iš metodų geriausiai įvertina laiko eilučių nestebimas komponentes. Laiko eilučių nestebimų komponentių vertinimo metodų palyginimui naudotos spektrinei analizei paruoštos modeliuotos laiko eilutės. Papildomai buvo sumodeliuota dar 800 laiko eilučių, kurių atsitiktinės komponentės dispersija reikšmingai kinta laike.

Kadangi modeliuotų laiko eilučių nestebimos komponentės žinomos tiksliai, tai lyginant metodus vertinamos trendo ir sezoninės komponentės gautų įverčių modelis $y(t) = \hat{T}(t) + \hat{S}(t) + \varepsilon(t)$, bei laiko eilutės modelio $y(t) = \hat{T}(t) + \hat{S}(t) + \hat{I}(t)$ paklaidos, čia $\hat{T}(t)$ – trendo įvertis, $\hat{S}(t)$ – sezoninės komponentės įvertis, $\hat{I}(t)$ – atsitiktinė komponentės įvertis. Rezultatų palyginimui naudota vidutinės santykinė absoliutinė paklaida (VSAP):

$$VSAP = N^{-1} \sum_{t=1}^N \frac{|y(t) - \hat{y}(t)|}{y(t)} \quad (2.59)$$

ir vidutinė santykinė kvadratinė paklaida (VSKP):

$$VSKP = \sqrt{N^{-1} \sum_{t=1}^n \frac{(y(t) - \hat{y}(t))^2}{y^2(t)}}. \quad (2.60)$$

Čia N laiko eilutės narių skaičius, $\hat{y}(t)$ – laiko eilučių nestebimų komponentių vertinimo metodais įvertinta reikšmė.

Tikslesniu laiko eilučių nestebimų komponentių vertinimo metodu laikomas tas, kurio įvertinto modelio ir atskirų laiko eilutės nestebimų komponentių $VSAP$ ir $VSKP$ paklaidos yra mažesnės. Jei atskiros komponentės geriau įvertinamos skirtingais metodais, tai geresniu laikomas tas, kuris geriau įvertina visą modelį. Jei viena iš paklaidų mažesnė naudojant vieną metodą, o kita paklaida mažesnė naudojant kitą metodą, tai šie metodai laikomi lygiaverčiais.

Modelių tikslumas ir tinkamumas nustatytas ne tik pagal aukščiau aprašytas $VSAP$ ir $VSKP$, bet ir tikrinant liekanų autokoreliaciją, nepriklausomumą, liekanų pasiskirstymą pagal normalųjį dėsnį, bei apskaičiuojant standartines diagnostines statistikas, aprašytas 2.1.5 skyrelyje.

Analizei atlikti buvo naudojama Europos Bendrijos Statistikos tarnybos (Eurostat) aprobuota programinė įranga *Demetra*, *TRAMO-SEATS*, Belgijos banko naudojama programa *NBBTools* ir darbo autorės sukurta programa.

Įvertinus modeliuotų laiko eilučių nestebimas komponentes, gauta, kad nestebimų laiko eilučių komponentių išskyrimo rezultatai gana panašūs, tiek naudojant parametrinius, tiek neparametrinius metodus. Skirtingi trendo funkcijos pavidalai neįtakojo gautų rezultatų. Todėl čia pateiksime tik suvestinę lentelę:

2.2 lentelė. Laiko eilučių modelių vidutinės paklaidos

Table 2.2. Average model error of time series

Modeliavimo metodas	Vidutinės paklaidos, proc.	
	Vidutinė santykinė absoliutinė paklaida	Vidutinė santykinė kvadratinė paklaida
Parametrinis	0,74	1,03
Neparametrinis	0,71	1,28

Išsamios lentelės su gautom paklaidom, pagal pasirinktą trendo funkciją ir sezono komponentę, pateiktos A priede.

Naudojant neparametrinius metodus, modelio $VSAP$ mažesnė, nei naudojant parametrinius, o $VSKP$ atvirkščiai – mažesnė naudojant parametrinius metodus.

Vertinant trendo ir sezoninės komponentės įverčius, mažesnės vidutinės paklaidos gautos naudojant parametrinį metodą. Galime daryti išvadą, kad laiko eilučių, kurių atsitiktinės komponentės dispersija reikšmingai nekinta laiko atžvilgiu, nestebimas komponentes geriau vertina parametriniai metodai. Kadangi paklaidos skiriasi nedaug, tai tiek parametriniai, tiek ir neparametriniai metodai taikytini laiko eilučių nestebimų komponentių vertinimui.

Analizuojant laiko eilučių, kurių atsitiktinės komponentės dispersija reikšmingai kinta laike, modeliavimo rezultatus, gauta, kad laiko eilučių modelių abi paklaidos mažesnės naudojant neparametrinį metodą (2.3 lentelė).

2.3 lentelė. Laiko eilučių, su nestabilia atsitiktine komponente, modelių vidutinės paklaidos

Table 2.3. Average model error of time series with unstable irregular component

Modeliavimo metodas	Vidutinės paklaidos, proc.	
	Vidutinė santykinė absoliutinė paklaida	Vidutinė santykinė kvadratinė paklaida
Parametrinis	2,17	5,14
Neparametrinis	2,11	3,68

Analizuojant laiko eilučių, kurioms eliminuota sezoninė komponentė bei modelių liekanų spektrinių funkcijų grafikus, M1, M3-M11 (tik X-12-ARIMA metodui), Ljung-Box, Box-Pierce Durbin-Watson statistikas nustatyta, kad tiksliausiai nestebimas laiko eilučių komponentes įvertina neparametrinis metodas. Parametrinis metodas taip pat tinkamas, bet gauti rezultatai šiek tiek blogesni.

2.3.3. ASETAR modelis ir jo vertinimo algoritmas

Kuriant Lietuvos ekonominio modelio lygtis pastebėta, kad nemažai laiko eilučių nepavyksta pakankamai tiksliai aprašyti, naudojant įprastus ekonometrinius mechanizmus. Todėl buvo ieškomi nauji efektyvesni metodai, kurie suteiktų galimybę vertinti visus vedančiuosius šalies ekonominius indikatorius su pakankamu patikimumu. Pasinaudojus atliktais tyrimais disertaciniame darbe ir esama mokslinė literatūra pasiūlytas naujas metodas sudėtingos prigimties laiko eilučių, kurioms nepavyksta pritaikyti tradicinių tiesinių metodų, modeliavimui – adaptuotas slenkstinis autoregresinis metodas.

SETAR modeliai kol kas nėra dažnai taikomi praktikoje, dėl kylančių problemų pasirenkant teisingą modelio eilę, sudėtingos slenkstinio kintamojo ir poslinkio parametro nustatymo procedūros, o Lietuvoje atliktų tyrimų naudojant SETAR tipo modelius rasti nepavyko. Tačiau išanalizavus esamą mokslinę literatūrą buvo rasti keletas skirtingų būdų kaip išvengti šių problemų. Praktiniuose uždaviniuose šios problemos dažniausiai sprendžiamos naudojant

Akaike informacinį kriterijų (AIC). SETAR modeliams AIC kriterijus apibrėžiamas kaip AR modelių skirtinguose poklasių AIC kriterijų suma. Akaike kriterijus buvo taikomas ir sprendžiant disertacijoje iškeltus uždavinius.

Šiame darbe teikiamas adaptuotas SETAR modelis, kuris turi netiesinių modelių vertinimo galimybę, įvertinant nestebimų laiko eilučių komponentių svarbą. Dėl aiškesnio pateikimo čia aprašytas tik dviejų poklasių adaptuoto SETAR modelio algoritmas, tačiau siūloma metodika gali būti taikoma ir vertinant modelius su daugiau nei dviem poklasiais. Šio modelio realizacijos algoritmas pavaizduotas 2.7–2.9 paveiksluose.

Toliau pateikiama siūlomo ASETAR modelio vertinimo metodika, kuri suskirstyta į atskirus etapus:

1–5 etapai. Dauguma realių laiko eilučių turi išskirčių, struktūrinių pokyčių, o taip pat reguliarių sezoninių ar nereguliarių svyravimų, kuriuos sudėtinga įvertinti naudojant įprastus modeliavimo metodus. Todėl, prieš modeliavimą, atliekami laiko eilutės koregavimai ir „trukdančių“ komponentių eliminavimas naudojant 2.1.4 skyrelyje aprašytus metodus. Trendo, ciklo, sezoninės komponentės gali būti vertinamos naudojant parametrinius ar neparametrinius metodus. Lyginamoji šių metodų analizė pateikta 2.3.2 skyrelyje.

Prieš pereinant į kitą etapą, patikrinamas atsitiktinės komponentės netiesiškumas. Modeliuojamų laiko eilučių netiesiškumui nustatyti naudojamas RESET (*Ramsey Regression Equation Error Test*) testas. RESET skirtas neįtrauktų į regresijos lygtį kintamųjų aptikimui ir nekorektiškai parinktos regresijos funkcijos formos nustatymui.

Jei $y(t) = \beta_1 + \beta_2 x_2(t) + \dots + \beta_n x_n(t) + \varepsilon(t)$ – įvertintas regresijos modelis, o pagal šį modelį apskaičiuotos reikmės lygios $\hat{y}(t) = b_1 + b_2 x_2(t) + \dots + b_n x_n(t)$, tai RESET testas tikrina ar bet vienas iš $\gamma_1 \hat{y}^2(t), \gamma_2 \hat{y}^3(t), \dots, \gamma_{k-1} \hat{y}^k(t)$ reikšmingai įtakoja $y(t)$. Tam vertinamas modelis $y(t) = \beta_1 + \beta_2 x_2(t) + \dots + \beta_n x_n(t) + \gamma_1 \hat{y}^2(t) + \gamma_2 \hat{y}^3(t) + \dots + \gamma_{k-1} \hat{y}^k(t) + \varepsilon(t)$ ir F statistikos pagalba tikrinama nulinė hipotezė $H_0 : \gamma_1 = \gamma_2 = \dots = \gamma_k = 0$ su alternatyva $H_A : \gamma_1 \neq 0$ arba $\gamma_2 \neq 0$... arba $\gamma_k \neq 0$. Atmetus H_0 , kad visi regresijos lygties netiesinių narių koeficientai lygūs 0, daroma išvada, kad modelis gali būti pagerintas, naudojant netiesinius elementus.

RESET testas skirtas bendrai netiesiškumo formai aptikti. Naudojant šį testą nenustatoma ar netiesiškumas gali būti aprašomas slenkstiniais modeliais.

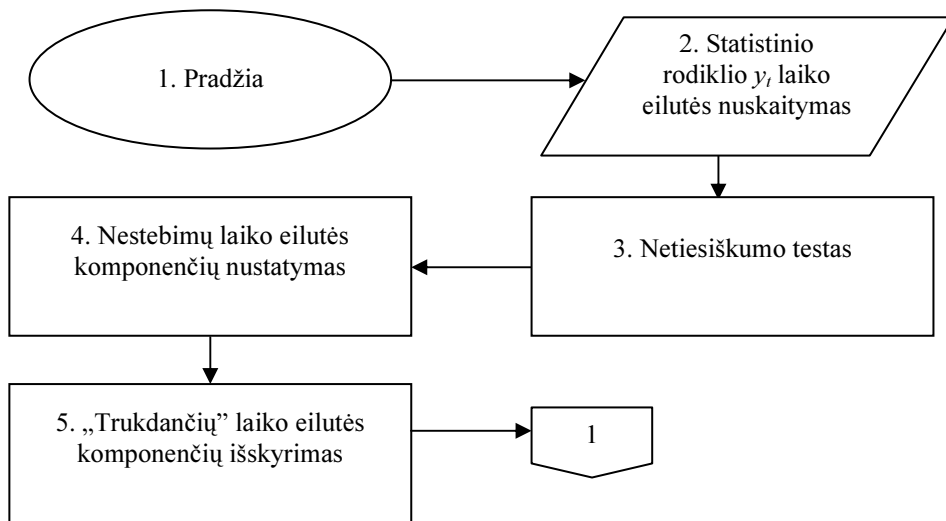
Slenkstinio netiesiškumo aptikimui siūloma naudoti kitą testą. Kadangi SETAR (1) modelis ir jo parametrai vertinami viename poklasyje, tai jį galima priskirti tiesinių autoregresinių modelių klasei. Todėl slenkstiniam netiesiškumui nustatyti galime naudoti nulinę hipotezę SETAR(1) su alternatyva SETAR(m),

čia $m > 1$. Detaliau tiesinių modelių testavimas su alternatyva SETAR aprašytas K.S. Chan (1990) ir E. H. Hansen (1999) darbuose, kur nulinės hipotezės atmetimui bendroju atveju siūlyta taikyti F-kriterijų:

$$F_{jk} = N \left(\frac{S_j - S_k}{S_k} \right). \quad (2.61)$$

Čia S_j SETAR(j) modelio kvadratinių liekanų suma (tiesinis modelis – nulinė hipotezė), S_k – SETAR(k) kvadratinių liekanų suma.

Ši testą galima naudoti ir norint nustatyti slenkstinio autoregresinio modelio tipą, pvz. tikrinant hipotezę SETAR(2) su alternatyva SETAR(m), čia $m > 2$, galima nustatyti kiek poklasių turintis SETAR modelis turimus duomenis aprašo geriausiai.

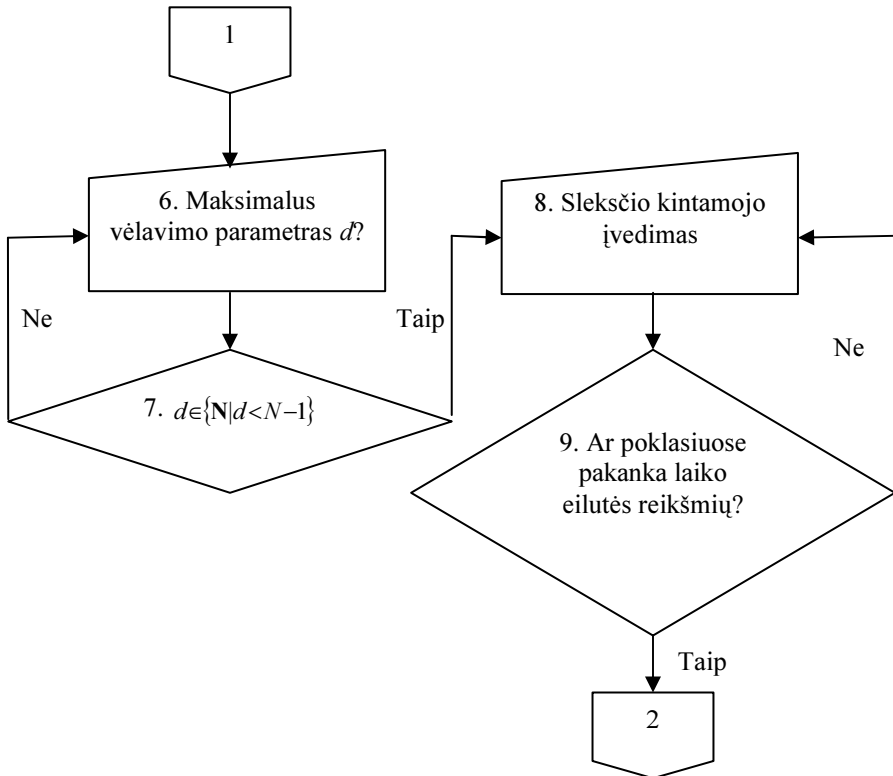


2.7 pav. ASETAR modelio parametrų vertinimo algoritmo 1–5 etapai
Fig. 2.7. ASETAR model parameter estimation algorithm, 1–5 stages

6–9 etapai. Šiame etape vertinami SETAR modelio vėlavimo parametras d ir slenkščio kintamasis r . Kadangi nagrinėtos laiko eilutės nėra pakankamai ilgos, tai darbe buvo atsiribota dviejų poklasių SETAR modeliu:

$$y(t) = \text{Ind}_{1,t-d}(r) \left(\gamma_{1,0} + \sum_{j=1}^{p_1} \gamma_{1,j} y(t-j) + e_1(t) \right) + \text{Ind}_{2,t-d}(r) \left(\gamma_{2,0} + \sum_{i=1}^{p_2} \gamma_{2,i} y(t-i) + e_2(t) \right). \quad (2.62)$$

Pirmiausia užfiksuojamas vėlavimo parametras d , kuris negali būti didesnis už $N-1$, kai N yra modeliujamos laiko eilutės ilgis. Vėlavimo parametras d turi būti toks, kad būtų įmanoma adekvačiai įvertinti modelio parametrus. Kadangi šiame darbe analizuojamos laiko eilutės nėra labai ilgos, tai pasirinktas apribojimas, kad vėlavimo parametras neviršytų dviejų metų laiko eilutės stebėjimų skaičiaus.



2.8 pav. ASETAR modelio parametų vertinimo algoritmo 6–9 žingsniai
Fig. 2.8. ASETAR model parameter estimation algorithm, 6–9 steps

Toliau pasirenkamas slenksčio kintamasis r . Galimų slenksčio kintamųjų reikšmių aibė $R=\{r_i\}$ turi būti tokia, kad kiekvienas modelio poklasis turėtų pakankamai laiko eilutės narių autoregresijos parametru vertinimui. Kaip jau minėta 2.2 skyrelyje, praktikoje dažniausiai R parenkamas toks, kad kiekvienas reikšmių poklasis tenkintų

$$R = \{r \mid y(\lceil \pi(n-1) \rceil) \leq r \leq y(\lceil (1-\pi)(n-1) \rceil)\}. \quad (2.63)$$

Čia π yra laiko eilutės stebėjimų dalis, o $y_{(0)}, y_{(1)}, \dots, y_{(n-d)}$ surūšiuotos didėjimo tvarka slenksčio kintamojo r reikšmės, t. y. $y_{(0)} \leq y_{(1)} \leq \dots \leq y_{(n-d)}$, o $\lceil \cdot \rceil$ reiškia sveikąją skaičiaus dalį. Rekomenduojama minimali laiko eilutės stebėjimų dalies π reikšmė yra 0,15 (Franses; van Dijk; 2000), todėl tikrinama, kad į kiekvieną reikšmių poklasį patektų ne mažiau nei 15 proc. stebėjimų. Jei stebėjimų bus mažiau, tai įvertinti parametrai gali būti nestabilūs ir nepatikimi, arba iš vis nebus įmanoma juos apskaičiuoti.

10–20 etapai leidžia patikslinti laisvai pasirinktų slenksčio kintamojo r ir vėlavimo parametro d reikšmes. Laisvai pasirinktiems parametrams d ir r , pritaikyti individualūs autoregresijos modeliai. Kiekvieno modelio eilė parenkama atsižvelgiant į AIC kriterijų. Po to keičiama slenksčio reikšmė r , o vėlavimo parametras d fiksuojamas. Atrenkama tokia r reikšmė, su kuria AIC reikšmė mažiausia. Kitame etape fiksuojama slenksčio reikšmė r ir keičiamas tik vėlavimo parametras d . Geriausiu modeliu laikoma ta d reikšmė su kuria minimizuojamas Akaike informacinis kriterijus (AIC). Slenkstiniams modeliams AIC kriterijus apibrėžiamas (Tong, 1990) kaip įvertintų AR modelių skirtinguose poklasiuose, AIC reikšmių suma:

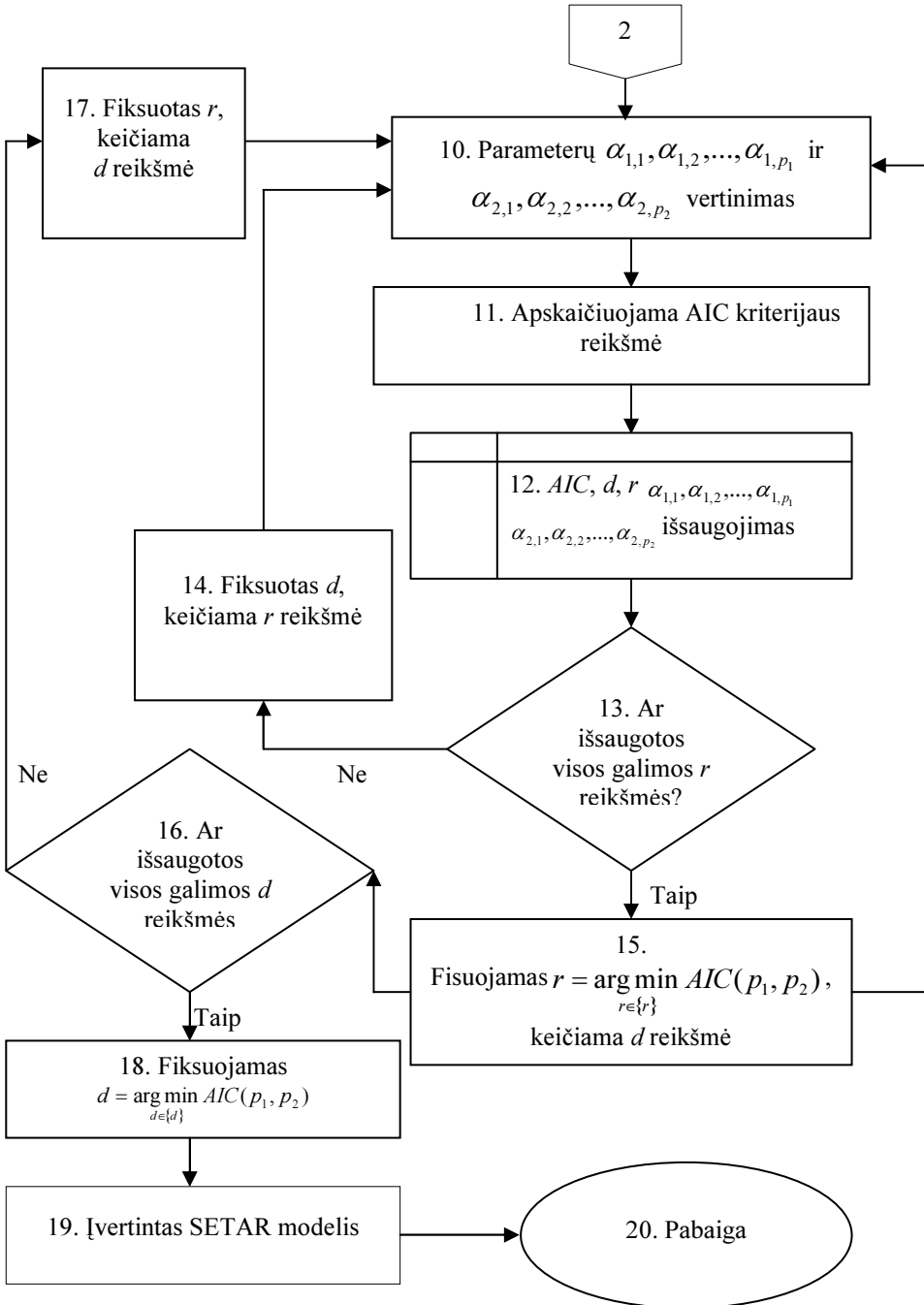
$$AIC(p_1, p_2) = n_1 \ln \hat{\sigma}_1^2 + n_2 \ln \hat{\sigma}_2^2 + 2(p_1 + 1) + 2(p_2 + 1), \quad (2.64)$$

čia $\hat{\sigma}_j^2, j = 1, 2$, yra liekanų j -jame poklasyje dispersija.

Atrenkamos tokios slenksčio kintamojo r ir vėlavimo parametro d reikšmės, su kuriomis AIC mažiausias.

Kai slenksčio kintamasis ir vėlavimo parametras užfiksuoti, adaptuoto SETAR modelio parametrai įvertinami naudojant standartinius regresinės analizės metodus – mažiausių kvadratų, arba maksimalaus tikėtimumo, kurie detalčiau aprašyti 2.1.4 skyrelyje.

10–20 etapo schema pateikta 2.9 paveiksle.



2.9 pav. ASETAR modelio parametų vertinimo algoritmo 10–20 žingsniai
 Fig. 2.9. ASETAR model parameter estimation algorithm, 10–20 steps

2.3.4. ASETAR ir ARIMA modelių lyginamoji analizė

Adaptuoto SETAR metodo aprobavimui, buvo naudojamos realios ir modeliuotos laiko eilutės. Modeliuotos laiko eilutės išsamiau aprašytos 2.3.1 skyrelyje, o realių laiko eilučių modeliavimui pasirinktos 12 grupių suderinto vartotojų kainų indekso (SVKI) mėnesinio dažnumo laiko eilutės nuo 1996 metų sausio mėn. iki 2009 metų gruodžio mėn. (168 stebėjimai). Kadangi minėtoms eilutėms aprašyti taikomi multiplikatyvūs modeliai, tai vertinant parametrus laiko eilutėms buvo taikyta logaritminė transformacija.

Bendrai netiesiškumo formai tikrinti SVKI laiko eilutėms buvo naudotas RESET testas, o slenkstiniam netiesiškumui F-kriterijus, kurie išsamiau aprašyti 2.3.3 skyrelyje. Gauti rezultatai pateikti 2.4 lentelėje: apskaičiuota RESET statistikos reikšmė ir jos reikšmingumo lygmuo p-value, kintamojo, reikšmingai įtakančio y_t , netiesiškumą laipsnis (h), vėlavimo parametras ir F-statistikos reikšmė:

2.4 lentelė. Netiesiškumo testų rezultatai

Table 2.4. Results of nonlinearity tests

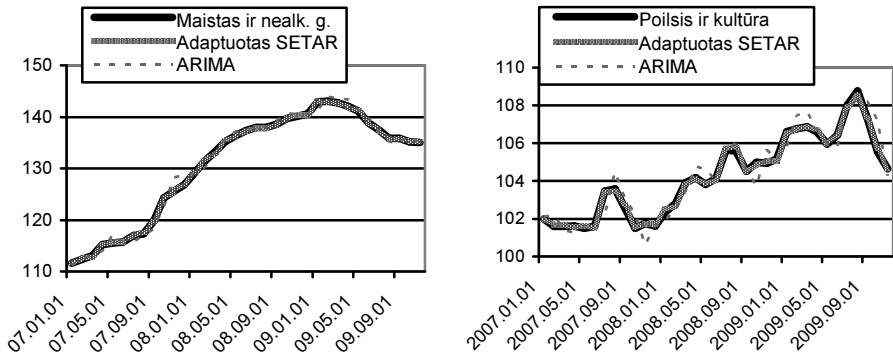
Suderintas vartotojų kainų indeksas	RESET testas			Slenkstinio netiesiškumo testas	
	RESET statistika	p-value	h	Vėlavimo parametras	F-statistika SETAR(1) vs SETAR(2)
Maistas ir nealkoholiniai gėrimai	8,4458	0,0042	2	1	14,1521
Alkoholiniai gėrimai, tabakas	2,0390	0,1553	3	8	19,8442
Apranga ir avalynė	2,6575	0,1051	3	11	3,8367
Būstas, vanduo, elektra, dujos ir kitas kuras	6,5197	0,0117	2	12	10,4923
Būsto apstatymo, namų ūkio įranga ir kasdieninė namų priežiūra	5,5619	0,0196	4	12	5,7670
Sveikata	2,4429	0,1201	3	11	6,6974
Transportas	5,1110	0,0251	2	1	7,1669
Ryšiai	4,1340	0,0437	3	2	10,4452
Poilsis ir kultūra	2,0849	0,1508	2	11	8,3700
Švietimas	7,2487	0,0078	2	1	21,6340
Restoranai ir viešbučiai	2,6015	0,1087	4	4	5,9740
Įvairios prekės ir paslaugos	4,6926	0,0318	2	1	8,2807

Alkoholinių gėrimų, tabako, aprangos ir avalynės, sveikatos, poilsio ir kultūros, restoranų ir viešbučių laiko eilutėms buvo priimta nulinė RESET testo hipotezė, kuri parodė, kad šioms laiko eilutėms bendrasis netiesiškumas nenustatytas. Tačiau, tikrinant slenkstinį netiesiškumą naudojant F-statistiką, visoms SVKI prekių ir paslaugų grupėms aptiktas slenkstinis netiesiškumas su skirtingais vėlavimo parametrais. Todėl norint išsamiau išanalizuoti adaptuoto SETAR modelio taikymo galimybes bei ištirti RESET testo patikimumą slenkstiniam netiesiškumui nustatyti buvo nuspręsta tyrime palikti visas laiko eilutes.

Naudojant 2.3.3 skyrelyje pasiūlytą algoritmą, SVKI laiko eilutėms buvo įvertinti dviejų poklasių SETAR modeliai. Adaptuotų SETAR modelių specifikacijos pateiktos B priede, o poklasių keitimo grafikai – C priede.

Adaptuoto SETAR modelio įvertinių rezultatai buvo palyginti su dažniausiai naudojamo laiko eilučių analizėje ARIMA modelio rezultatais.

Norėdami neišplėsti šio darbo apimties, čia pateiksime tik dviejų SVKI grupių įvertintų modelių grafikus – maisto ir nealkoholinių gėrimų bei poilsio ir kultūros. Pirmoji grupė pasirinkta dėl didžiausio svorio vartotojų kainų indekso krepšelyje ir reikšmingų abiejų netiesiškumo testų patvirtinimo. Antroji grupė pasirinkta dėl prieštaringų išvadų nustatant netiesiškumą. Kitų grupių įvertintų modelių grafikai pateikti D disertacijos priede.



2.10 pav. SVKI modeliavimo rezultatai

Fig. 2.10. Results of HCPI modeling

Iš pateiktų grafikų matome, adaptuotas SETAR modelis geriau aprašo duomenis, nei ARIMA modelis, nes adaptuoto SETAR modelio įvertinių nuokrypiai nuo realių reikšmių mažesni, nei ARIMA modelių. Tikslėsniam gautų rezultatų palyginimui apskaičiuota modelių vidutinė absoliutinė santykinė paklaida. Rezultatai pateikti 2.5 lentelėje.

2.5 lentelė. ASETAR ir ARIMA modelių paklaidos, proc.

Table 2.5. Errors of ASETAR and ARIMA models, pct.

Suderinto vartotojų kainų indekso prekių ir paslaugų grupė	Adaptuotas SETAR			ARIMA		
	Modelio tipas	VSAP	VSKP	Modelio tipas	VSAP	VSKP
Maistas ir nealkoholiniai gėrimai	(2; 2; 2)	0,0889	0,1137	(2 2 0)	0,2146	0,2760
Alkoholiniai gėrimai, tabakas	(2; 3; 3)	0,0343	0,0466	(0 2 1)	0,1911	0,3108
Apranga ir avalynė	(2; 3; 3)	0,0456	0,0607	(1 2 0)	0,1663	0,2340
Būstas, vanduo, elektra, dujos ir kitas kuras	(2; 2; 3)	0,1380	0,1981	(1 2 0)	0,4198	0,6252
Būsto apstatymo, namų ūkio įranga ir kasdieninė namų priežiūra	(2; 3; 3)	0,0264	0,0331	(0 2 1)	0,0804	0,1041
Sveikata	(2; 2; 2)	0,0501	0,0664	(1 2 0)	0,1309	0,1795
Transportas	(2; 2; 3)	0,3438	0,4271	(2 2 0)	0,7483	0,9328
Ryšiai	(2; 2; 2)	0,0900	0,1164	(2 2 0)	0,2197	0,2870
Poilsis ir kultūra	(2; 2; 2)	0,0596	0,0753	(1 2 0)	0,1327	0,1770
Švietimas	(2; 3; 2)	0,0830	0,1345	(1 2 0)	0,2848	0,4077
Restoranai ir viešbučiai	(2; 2; 3)	0,0715	0,0916	(0 2 1)	0,1757	0,2420
Įvairios prekės ir paslaugos	(2; 3; 2)	0,0816	0,1053	(1 2 0)	0,2190	0,2942

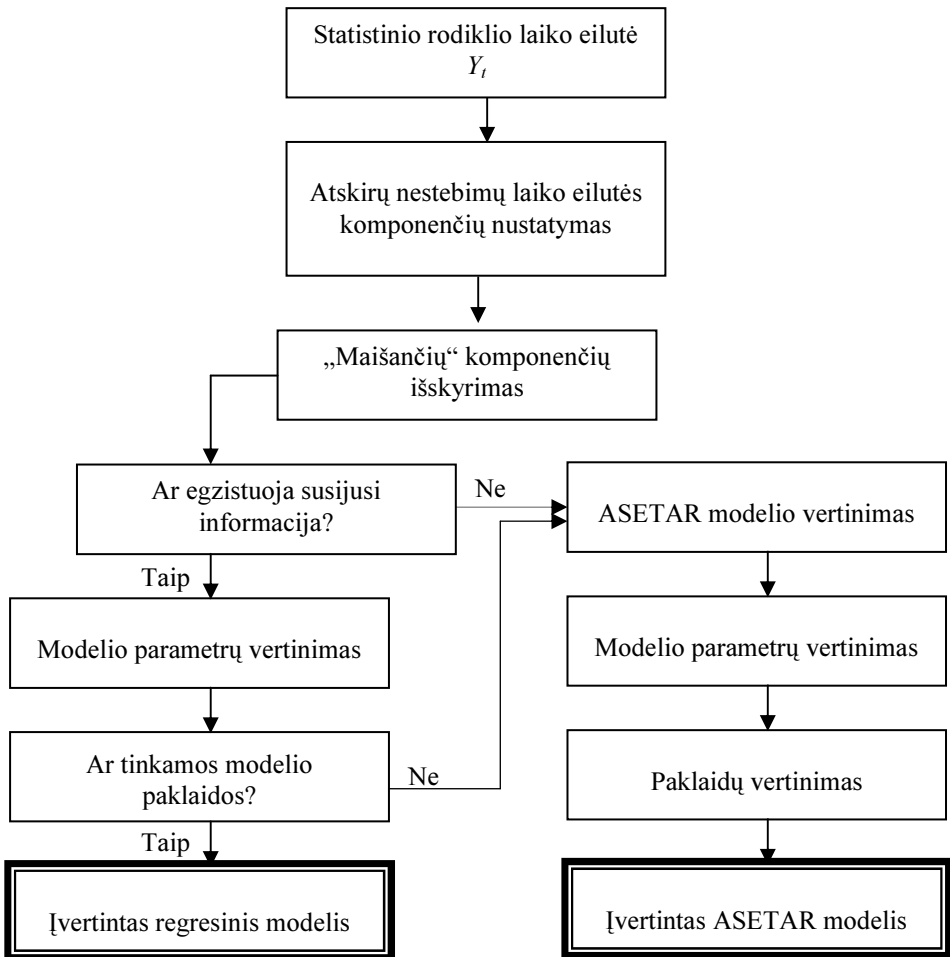
Rezultatai, pateikti 2.5 lentelėje patvirtina, kad ASETAR modelis ženkliai geriau aprašo nagrinėtų laiko eilučių duomenis lyginant su ARIMA modeliu. Geresni modeliavimo rezultatai buvo pasiekti ir laiko eilutėms, kurioms nebuvo nustatytas bendrasis netiesiškumas RESET testo pagalba. Tai parodo, kad bendrosios netiesiškumo formos nustatymo testas RESET netinkamas slenkstinio netiesiškumo nustatymui ir gali būti naudojamas tik kaip informacinė priemonė.

Analizuojant adaptuoto SETAR ir ARIMA modelių paklaidas, nustatyta, kad adaptuotas SETAR modelis yra stabilesnis, kadangi paklaidų dispersija ženkliai mažesnė. Modelių paklaidų grafikai pateikti E priede.

Tyrimo rezultatai patvirtino, teiginį, kad netiesinės elgsenos, sudėtingesnės struktūros ar laiko eilutėms, kurių dispersija reikšmingai kinta laike, modeliavimui tikslinga naudoti adaptuotą SETAR metodą.

2.3.5. Ekonominių indikatorių modelio lygčių sudarymo algoritmas

Atlikto tyrimo rezultatai, aprašyti 2.3.1–2.3.4 skyreliuose, apsprendė Lietuvos ekonomikos būsenos ir perspektyvos modeliui kurti naudojamų metodų pasirinkimą bei vertinimo algoritmą.



2.11 pav. Modelio lygčių sudarymo algoritmas
Fig. 2.11. Algorithm of model equations construction

Pirmiausia, naudojant spektrinę analizę, visoms nagrinėjamų ekonominių indikatorių laiko eilutėms buvo nustatytos ir išskirtos nestebimos komponentės. Toliau buvo analizuota ar egzistuoja kiti ekonominiai indikatoriai, kurių pokyčiais galima pagrįsti nagrinėjamo reiškinio elgseną ekonomine prasme bei įrodyti šią priklausomybę naudojant koreliacines matricas. Radus reikšmingus sąryšius buvo kuriamos lygtys regresinės analizės metodo pagalba. Jei susijusios informacijos nepavyko rasti arba regresinio modelio paklaidos buvo pakankamai didelės, tuomet buvo sudaromas modelio lygtys, adaptuoto slenkstinio autoregresinio metodu, naudojant 2.3.3 skyrelyje aprašytą algoritmą.

2.4. Antrojo skyriaus išvados

1. Ekonominių procesų laiko eilučių, turinčių pastovių ar atsitiktinių svyravimų, adityvių išskirčių, lygio postūmių, praeinančių pokyčių, struktūrinių lūžių, nepastovią dispersiją, modeliai, įvertinti tradiciniais ekonometriniais metodais, nėra tinkami naudoti dėl didelių paklaidų ir modelio lygčių parametrų tvarumo problemos.
2. Sparčiai besikeičiančios ekonominės, demografinės, socialinės bei politinės sąlygos reikšmingai įtakoja daugelio šalies ekonominių indikatorių laiko eilučių struktūrą, todėl dažniausiai, naudojant įprastus tiesinius laiko eilučių vertinimo metodus, tokių laiko eilučių modelių paklaidos viršija 10 proc. ir dėl žemo patikimumo negali būti naudojami ekonominių procesų analizei.
3. Naudojant modeliuotas laiko eilutes, su skirtingais trendo funkcijų, bei sezoninės komponentės tipais, imituojančiais realias laiko eilutes, nustatyta:
 - 3.1. Prieš ekonominių laiko eilučių modeliavimą endogeniniams ir egzogeniniams modelio kintamiesiems rekomenduojama atlikti jų struktūrinę analizę ir atlikti pirminį laiko eilučių koregavimą bei išskirti nestebimas komponentes.
 - 3.2. Atlikus modeliuotų laiko eilučių spektrinę analizę, nustatyta, kad, nepriklausomai nuo laiko eilutės trendo pavidalo, sezoniško ar atsitiktinės komponentės svyravimų, spektrinė analizė leidžia tiksliai nustatyti determinuotas nestebimas laiko eilučių komponentes.
 - 3.3. Atlikus laiko eilučių nestebimų komponentių vertinimo metodu lyginamąją analizę, nustatyta, kad tiek parametriniai, tiek neparimetriniai metodai pakankamai gerai aprašo nestebimas komponentes: laiko eilutėms, kurių atsitiktinės komponentės

dispersija nekinta laike tinkamesni parametriniai metodai, kurių dispersija kinta – neparimetriniai.

4. Sudėtingos prigimties ekonomikos indikatorių laiko eilutėms pasiūlyta nauja modeliavimo metodologija, naudojant laiko eilučių koregavimą, dažnuminę analizę bei slenkstinius autoregresinius metodus, kuri leido pagerinti ekonometrinių ekonominių procesų aprašymą.
5. Pasiūlytas netiesinio laiko eilučių vertinimo metodo ASETAR modelio eilės, slenkstinio kintamojo, poslinkio bei modelio lygties parametrų vertinimo algoritmas, susidedantis iš dvidešimties etapų, kuris leido įvertinti sudėtingos prigimties laiko eilučių, kurioms nepavyksta pritaikyti tradicinių tiesinių metodų, modelio lygtis.
6. Dažniausiai naudojamo bendrosios netiesiškumo formos nustatymo testas RESET nėra tinkamas slenkstinio netiesiškumo aptikimui ir gali būti naudojamas tik kaip informacinė priemonė. Naudojant SETAR tipo modelius laiko eilutės slenkstinio netiesiškumo nustatymui F-kriterijaus testas duota patikimesnius rezultatus.
7. Atlikta modelio paklaidų analizė parodė, kad lyginant su tradiciniais tiesiniais laiko eilučių metodais, sudėtingos prigimties ekonominių laiko eilučių su netiesine elgsena modelio lygtis vertinant ASETAR metodu gaunamos mažesnės, stabilesnės ir su mažesne dispersija paklaidos.

3

Šalies ekonomikos indikatorių dinamikos modelio adekvatumo empirinis tyrimas Lietuvos atveju

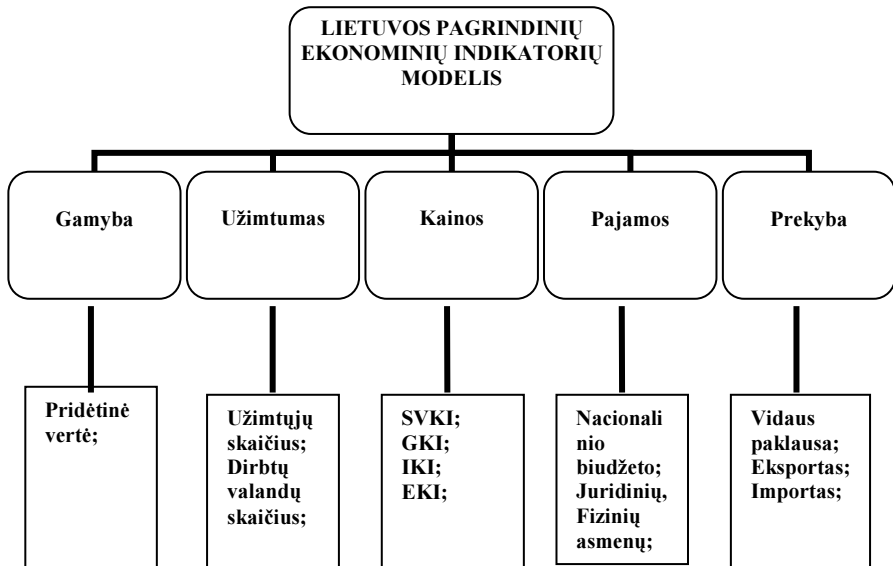
Šiame skyriuje, remiantis ankstesniuose disertacijos skyriuose aprašytais tyrimais bei naudojant pasiūlytą modelio lygčių sudarymo algoritmą, spendžiamas Lietuvos vedančiųjų ekonominių indikatorių modelio sudarymo uždavinys. Gauti rezultatai pateikiami pirmiausia išdėstant modelio struktūrą bei modelio lygčių kintamųjų parinkimą sąlygojančius veiksnius, užrašant lygčių specifikacijas, su tikėtinais parametru ženkais, vėliau pateikiamos sudarytos ekonominių indikatorių modelio lygtys su įvertintais parametrais. Prie kiekvienos įvertintos lygties pateikta apskaičiuota santykinė absoliutinė paklaida, modelio lygčių adekvatumą parodantis determinacijos koeficientas, liekanų autokoreliaciją matuojanti Durbin-Watson statistika bei modelio lygčių parametru reikšmingumas. Skyriuje pateiktos ne visos įvertintos lygtys, likusios lygtys pateiktos F priede.

Skyriaus tematika paskelbtos 7 autorės publikacijos (Bratčikovienė 2005, 2005, 2007, 2007, 2008; Misiūnas, Bratčikovienė 2006, 2007) bei skaityti 7 pranešimai Lietuvos ir tarptautinėse mokslinėse konferencijose.

3.1. Modelio struktūra ir formavimo principai

Analizuojant kitų šalių ekonominio modeliavimo patirtį, buvo pastebėta, kad dalis modelių yra kompaktiški, juose dalyvauja tik vedantieji ekonominiai indikatoriai, o tokių modelių pagrindinis tikslas – operatyviai pateikti patikimą ekonominės būklės vertinimą bei prognozes. Kita dalis modelių, kurie sudaryti iš gausnio modeliuojamų ekonominių indikatorių kiekio, gali pateikti išsamesnius rezultatus, tačiau dėl didelio įeinančių kintamųjų kiekio, šios analizės bei prognozių parengimas užtrunka ženkliai ilgiau. Kuriant disertacijoje teikiamą šalies ekonomikos indikatorių dinamikos modelį, buvo nuspręsta balansuoti tarp pirmojo ir antrojo modelių tipo. Pagrindinis šio modelio tikslas operatyviai teikti išsamius šalies ekonominės analizės bei prognozavimo rezultatus. Tačiau esant poreikiui, modelį galima nesudėtingai plėsti.

Darbe teikiamas modelis apima pagrindinius vedančiuosius šalies ekonomikos indikatorius. Modelis sudarytas iš penkių dalių: gamybos, kainų, prekybos, pajamų, bei užimtumo (3.1 pav.). Sukurtas modelis gali būti taikomas šalies ekonominei būklei tirti ir vertinti, kiekybinei ekonominių indikatorių analizei atlikti, tolesnei ekonomikos perspektyvai prognozuoti.



3.1 pav. Pagrindinių Lietuvos ekonominių indikatorių modelio struktūra
Fig. 3.1. Structure of main Lithuanian economic indicators model

Pagrindiniai modelio endogeniniai kintamieji yra pridėtinė vertė, suderintas vartojimo prekių ir paslaugų, gamintojų parduotos pramonės produkcijos, importuojamų bei eksportuojamų prekių kainų indeksai, vidaus prekių paklausa, importas, eksportas, nacionalinio biudžeto, juridinių bei fizinių asmenų pajamos, užimtųjų bei dirbtų valandų skaičius.

Sudarant modelio lygtis buvo atsižvelgiama į ekonominį prasmingumą, modelio lygčių paklaidas bei ekonometrinių pagrįstumą. Modelio egzogeniniais kintamaisiais parenkami ekonominiai indikatoriai, turintys ekonomiškai paaiškinamą įtaką modeliuojamam endogeniniam kintamajam. Toliau buvo vertinami atrinktų indikatorių koreliacijos koeficientai. Jei egzogeninis kintamasis reikšmingai koreliuoja su endogeniniu, tuomet jis įtraukiamas į modelį. Atrinkus visus aiškinamuosius ekonominius indikatorius tikrinama ar jie nėra tarpusavyje priklausomi. Jei egzistuoja multikolinearumo problema, skaičiavimo metu gauti koeficientų įverčiai bus blogi. Todėl, sprendžiamas egzogeninių rodiklių, kurie užtikrins klasikinės regresijos prielaidų tenkinimą, atrinkimo uždavinys.

Sudėtingos prigimties laiko eilutėms ar endogeninių kintamųjų, kuriems nepavyko rasti tinkamų aiškinamųjų rodiklių ir/ar gauto modelio paklaidos viršija 5 proc., modeliavimui darbe teikiamas naujas adaptuotas slenkstinis autoregresinis metodas, kai prieš modelio sudarymą, modeliuojamiems ekonominiams indikatoriams vertinamos nestebimos laiko eilučių komponentės.

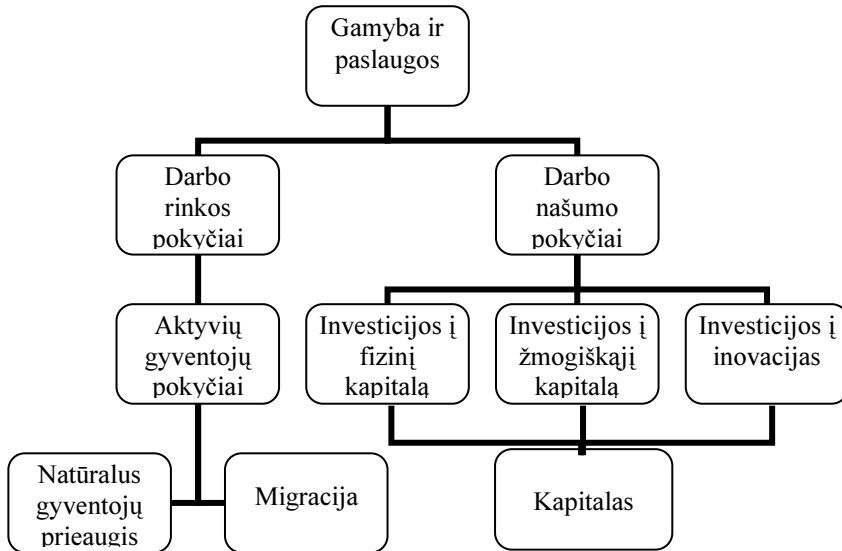
3.1.1. Modelio lygčių formavimo principai ir specifikacija

Gamyba. Produktų ar paslaugų gamyba, mainai, prekyba bei vartojimas sąlygoja ūkinių subjektų ekonominių interesų atsiradimą. Kiekvieno komercinio subjekto veiklos pagrindinis ekonominis tikslas yra mažiausiomis sąnaudomis patenkinti rinkos poreikius ir to pasėkoje įgyti maksimalų finansinį ar nefinansinį turta.

Gamybos proceso metu kuriamos gėrybės (produktai bei paslaugos), naudojant tam tikrus gamybos išteklius. Yra keletas gamybos veiksnių, nuo kurių priklauso gaminamos produkcijos kiekis – kapitalas, darbas, žaliavos, žemė, energija ir t.t. Visi jie sąlygoja darbo rinkos arba darbo našumo pokyčius.

Darbo rinkos pokyčiai įvyksta dėl aktyvių gyventojų pokyčių, kurie ilguoju laikotarpiu atsiranda dėl natūralaus gyventojų prieaugio, o trumpuoju – dėl migracijos. Darbo našumo pokyčius įtakoja kapitalas, tenkantis darbo jėgai (investicijos į fizinį kapitalą), darbo kokybės augimas, kurį lemia geresnis išsilavinimas ir geresni darbo įgūdžiai (investicijos į darbuotojus) ir techninė pažanga (investicijos į inovacijas). Darbo našumas yra labai svarbus veiksnys ekonomikos augimui skatinti, nesukuriantis neigiamų pasekmių šalies ūkio tvarumui ir kainų stabilumui, todėl siekiant tvarios ekonomikos augimo

perspektyvos, būtinas ypatingas dėmesys šiam gamybos faktoriui. Gamybos ir paslaugų augimą įtakojantys darbo veiksniai pavaizduoti 3.2 paveiksle.



3.2 pav. Gamybos apimtį įtakojantys darbo veiksniai

Fig. 3.2. Labor input into production process

Norint įvertinti ir palyginti įvairių gamybos veiksnių įtaką šalies ekonomikos augimui dažniausiai naudojama gamybos funkcija. Gamybos funkcija parodo ryšį tarp pagamintos produkcijos ir sąnaudų t. y. parodo kiek darbo, kapitalo bei kitų gamybos veiksnių ir kokiomis proporcijomis sunaudojama, norint pagaminti tam tikrą produkcijos kiekį.

Ekonominėje literatūroje galima rasti keletą gamybos funkcijos modifikacijų. CES (Constant Elasticity of Substitution) funkcija parodo pastovų kapitalo ir darbo pakeičiamumo elastingumą (Arrow ir kt., 1961):

$$Q(t) = F(t) \cdot \left(\alpha \cdot K^r(t) + (1 - \alpha) \cdot L^r(t) \right)^{\frac{1}{r}}. \quad (3.1)$$

Čia $Q(t)$ – produkcija, $F(t)$ – našumas, $K(t)$ – kapitalas, $L(t)$ – darbo veiksnys,

α – parametras, o $s = \frac{1}{1-r}$ – pakeičiamumo elastingumas.

Bendrasis CES funkcijos pavidalas:

$$Q(t) = \left[\sum_{i=1}^n \alpha_i^s c_i^{\frac{1-s}{s}} \right]^{\frac{s}{s-1}} \quad (3.2)$$

Čia c_i – naudojami gamybos veiksniai.

Iš CES funkcijos gaunamos ir kitos ekonomikoje naudojamos gamybos funkcijos: Cobb-Douglas funkcija gaunama, kai $s = 1$, tiesinė funkcija gaunama, kai s artėja į begalybę, o Leontief funkcija gaunama, kai s artėja į 0.

Kuo daugiau sunaudojama gamybos veiksnių, tuo daugiau prekių ar paslaugų pagaminama ar suteikiama. Tačiau gamybą sąlygojančių veiksnių įtaka priklauso nuo analizuojamo laikotarpio ilgio. Ilguoju laikotarpiu yra daugiau galimybių gamybos apimčiai didinti nei trumpuoju, nes per ilgą laiką visi gamybos veiksniai keičiasi, o trumpu laikotarpiu kai kurie veiksniai yra pastovūs arba gali kisti tik labai nežymiai. Ilguoju laikotarpiu gamybos apimtis priklauso ne tik nuo darbo, bet ir nuo kapitalo pokyčių, nes keičiantis gamybos apimčiai, atitinkamai kinta ir investicijos bei taupymas, kurios yra kapitalo sudedamosios dalys. Trumpuoju laikotarpiu kai kurie gamybos veiksniai negali greitai kisti, todėl yra pastovūs. Pavyzdžiui, kapitalas kaupiamas per ilgą laikotarpį ir jo nauda ilgalaikė, o investicijos dažniausiai tik pakeičia nusidėvėjusį kapitalą ar jį papildo. Be to, ribinis kapitalo produktas, kuris apibrėžiamas:

$$\frac{dQ}{dK} = \lim_{\Delta K \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta K} = \lim_{\Delta K \rightarrow 0} \frac{f(L, K + \Delta K) - f(L, K)}{\Delta K} \quad (3.3)$$

ir bet kuriame taške gali būti matuojamas gamybos funkcijos liestinės kampo tangentu tame taške, mažėja didėjant kapitalo kiekiui. Todėl bendrai trumpalaikėi apžvalgai kapitalas dažniausiai laikomas pastoviu dydžiu. Tai riboja gamybos apimties pokyčius.

Jei vienas iš gamybos veiksnių reikšmingai nesikeičia, tai gamybos apimtis priklausys nuo kito gamybą sąlygojančio veiksnio – darbo. Kadangi darbo jėgos judėjimas rinkoje yra nuolatinis reiškinys, tai šį veiksnių galima priskirti prie sparčiai besikeičiančių gamybos faktorių. Todėl gamybos pokyčiai trumpuoju laikotarpiu gali įvykti tik keičiantis darbo veiksmui. Tačiau gamybos apimties augimas didinant darbo sąnaudas turi ribą, kai ribiniai darbuotojo kaštai viršija naudą. Tuomet didinti darbo veiksnių tampa nebenaudinga. Todėl neįmanoma vien tik didinant darbo sąnaudas tikėtis nuolatinio ir pastovaus gamybos augimo.

Šiame darbe, modeliuojant atskirų gamybos veiklų pridėtinę vertę, remiamasi bendruoju gamybos funkcijos atveju:

$$Y(t) = A \cdot F(x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t)). \quad (3.4)$$

Čia $Y(t)$ – pridėtinė vertė, $x_1(t)$, $x_2(t)$, ..., $x_m(t)$ – faktoriai, įtakoiantys gamybos procesą, o A – bendrasis gamybos veiksmų našumas.

Gamybos funkcijos vertinamos laikantis prielaidų:

- didinant vieno kurio nors veiksmo sąnaudas, kai kitos sąnaudos pastovios, pasiekiamas ribinis gamybos apimtys augimas;
- egzistuoja naudojamų gamybos veiksmų pakeičiamumo ir papildymo, nepakeitus gamybos apimtys, galimybė.

Disertacinio darbo pagrindinis tikslas yra atlikti trumpalaikę ir vidutinio laikotarpio šalies ūkio analizę, todėl įvertintose lygtyse didesnis dėmesys buvo skirtas darbo faktoriams: faktiškai dirbtų valandų bei užimtųjų skaičiumi. Naudojantis koreliacinės analizės rezultatais, darbo indikatorium atrinktas arba užimtųjų skaičius arba vidutinis mėnesinis dirbtų valandų skaičius.

Kadangi Lietuvoje nėra įvertintų ir oficialiai paskelbtų bendrojo kapitalo pagal ekonominės veiklos rūšis laiko eilučių, tai, aprašant gamybos indikatorius, naudota modifikuota gamybos funkcija, kur vietoj kapitalo įtraukiami jo pokyčius įtakoiantys kintamieji – materialinės investicijos pagal paskirtį ir/ar tiesioginės užsienio investicijos. Kai kuriose lygtyse papildomai įtrauktas nuosavas kapitalas bei prekių ir paslaugų pardavimų pokyčiai.

Analizuojant šalies ūkio realias laiko eilutes, darbe naudotos įvairios gamybos funkcijos modifikacijos. Siekiant gauti kuo tikslesnius ir patikimesnius rezultatus, buvo sudarytos tiek adityvios, tiek ir multiplikatyvios gamybos funkcijos modelių lygtys. Įvertinus gamybos funkciją atskirose šalies ūkio veiklose, analizuoti šalies ekonominius pokyčius nulėmę faktoriai.

Gamybos bloke modeliuojama bendroji pridėtinė vertė pagal 21 ekonominę veiklos rūšį. Pridėtinės vertės lygčių specifikacija:

$$Y = f_Y \left(\underset{+}{L}, \underset{+}{I}, \underset{+}{X_7}, \underset{+}{X_5} \right). \quad (3.5)$$

Čia Y – pridėtinė vertė, L – darbas, I – investicijos, X_7 – nuosavas kapitalas, X_5 – prekių ir paslaugų pardavimo pajamos.

Užimtumas. Kadangi vienas iš pagrindinių veiksmų formuojančių gamybą trumpuoju laikotarpiu yra darbas, o jis tiesiogiai priklauso nuo darbingų asmenų skaičiaus ir jų motyvacijos aktyviai dalyvauti darbo rinkoje, tai pirmiausia buvo nuspręsta atlikti darbo pasiūlos bei paklausos analizę Lietuvoje.

Spręsdamos, kiek darbuotojų samdyti, įmonės maksimizuoja pelną, kuris lygus pagamintos produkcijos ar suteiktų paslaugų vertei atėmus sąnaudas. Tam kad apskaičiuoti pelną maksimizuojantį darbo kiekį, įmonės palygina papildomo darbuotojo samdymo naudą ir kaštus. Kaštai yra sąnaudos darbuotojo darbo užmokesčiui, o nauda – papildomo darbuotojo pagamintos produkcijos vertė. Jei

nauda didesnė už kaštus, papildomas darbuotojas padidins įmonės pelną. Tokiu atveju įmonei naudinga samdyti papildomus darbuotojus.

Analizuojant darbo paklausą galima naudoti įmonių pelną (Heijdra J., Ploeg F., 2002). Galima naudoti tiek grynąjį pelną, tiek pelną prieš apmokestinimą ar bendrąjį pelną, kuris lygus pardavimo pajamoms atėmus pardavimo savikainą. Norint išvengti neapskaitytos ekonomikos įtakos, vietoj pelno tikslingiau naudoti pridėtinę vertę to meto kainomis, kuri lygi sukurtos produkcijos ir tarpinio vartojimo skirtumui. Todėl šiame darbe darbo paklausa analizuojama naudojant pridėtinę vertę:

$$\Pi(t) \equiv P(t)Q(t) - W(t)X_1(t), \quad (3.6)$$

Čia $\Pi(t)$ – darbo paklausa, laiko momentu t , $P(t)$ – parduodamų prekių ar paslaugų kainos, $Q(t)$ – produkcija, $W(t)$ – nominalus darbo užmokestis, $X_1(t)$ – užimtųjų skaičius.

Norint apskaičiuoti maksimalų pelną, didinant darbuotojų skaičių, reikia įvertinti:

$$\max_{\{X_1(t)\}} \Pi(t) \equiv P(t)F(X_1(t), K(t)) - W(t)X_1(t). \quad (3.7)$$

Maksimalus pelnas apskaičiuojamas diferencijuojant:

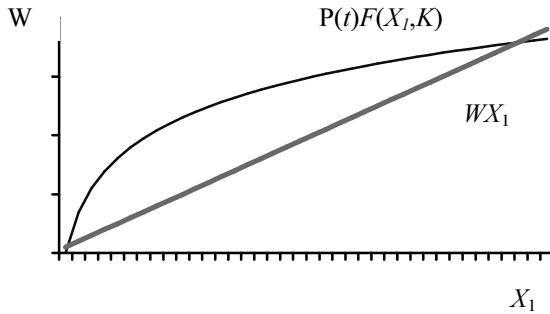
$$\frac{d\Pi(t)}{dX_1(t)} = 0 \Rightarrow P(t)F'_{X_1(t)}(X_1(t), K(t)) - W(t) = 0. \quad (3.8)$$

O maksimumo taškas randamas diferencijuojant antrą kartą.

Papildomus darbuotojus tikslinga samdyti tol, kol ribinė darbuotojo nauda neviršys ribinių kaštų. Laikant, kad kapitalas trumpuoju laikotarpiu nekinta ir darant prielaidą, kad visuminės gamybos funkcija yra teorinė Cobb-Douglas funkcija, nesudėtinga šią situaciją pavaizduoti grafiškai. Didinant darbuotojų skaičių, pagaminama produkcija didėja netolygiai. Todėl yra ribinis darbuotojų skaičius, su kuriuo pasiekiamas maksimalus pelnas (3.3 pav.).

Darbuotojų paklausa gali būti išreikšta funkcija, priklausančia nuo darbo užmokesčio, gamintojų kainų ir kapitalo, todėl, pažymėjus ją \tilde{X} , galime užrašyti $\tilde{X} = \tilde{X}(W/P, K)$. Trumpuoju laikotarpiu darbuotojų paklausa turi priklausyti tik nuo darbo užmokesčio ir gamintojų kainų. Be to, didesni darbo kaštai sąlygoja aukštesnį ribinį darbo našumą ir mažesnę darbuotojų paklausą (Heidra, Ploeg, 2002).

Visuminę paklausą darbai įtakoja tie patys veiksniai kaip ir atskiros įmonės atveju, todėl šią teoriją galima taikyti ne tik vienos įmonės atveju, bet ir makroekonominėje analizėje, kuriant darbuotojų paklausos modelius atskiroms veiklos rūšims.



3.3 pav. Ribinė darbuotojų nauda
Fig. 3.3. Marginal benefit of workers

Analizuojant darbuotojų paklausą, būtina kartu analizuoti ir darbuotojų pasiūlą.

Jei įmonės pačios gali nustatyti produkcijos kainas ir darbuotojų darbo užmokesčius ir taip kontroliuoti savo sąnaudas bei pajamas, tai visiškai kitokia situacija yra su namų ūkiais. Nors jie formuoja darbo rinkos pasiūlą bei visuminę prekių ir paslaugų paklausą, tačiau negali tiksliai žinoti, kiek galės įsigyti prekių ir paslaugų už gaunamą atlyginimą. Namų ūkiai gali tik apytiksliai įvertinti jų vartojimo galia.

Darbingo amžiaus asmenys, įvertindami darbo naudą ir darbo kaštus, formuoja darbo pasiūlą. Pagrindinė darbo nauda yra prekių ir paslaugų vartojimo galimybė už uždirbtas pajamas, o darbo kaštai – laisvalaikio praradimas.

Darbo pasiūla analizuojama naudojant naudingumo funkciją:

$$LS(t) \equiv LS(PC(t), 1 - X_2(t)), \quad (3.9)$$

Čia $LS(t)$ – darbo pasiūla, laiko momentu t , $PC(t)$ – privatus vartojimas, $X_2(t)$ – faktiškai dirbtų valandų skaičius.

Kaip ir darbo paklausos atveju, norint rasti optimalų darbo pasiūlos tašką, reikia maksimizuoti funkciją $LS(t)$ su sąlyga, kad $PC(t) = \frac{W(t)}{P^e(t)} X_2(t)$, t. y.

reikia rasti:

$$\max_{\{X_2(t)\}} LS(t) \equiv LS\left(\frac{W(t)}{P^e(t)} X_2(t), 1 - X_2(t)\right). \quad (3.10)$$

Čia $P^e(t)$ – tikėtinas vartojimo prekių ir paslaugų kainų pokytis, laiko momentu t .

Visuminį darbo pasiūlos padidėjimą gali formuoti tik labai nedaug veiksnių: realaus darbo užmokesčio augimas, darbingo amžiaus gyventojų padidėjimas, neaktyvių gyventojų sumažėjimas.

Šiame darbe darbo pasiūla ir paklausa vertinama sudarant faktiškai dirbtų valandų ir užimtųjų skaičių lygtis atskirose ekonominės veiklos rūšyse. Žemiau pateikta darbo pasiūlos ir paklausos lygčių specifikacija.

$$\Pi = f_{\Pi} \left(\underset{+}{P_G}, \underset{+}{Y}, \underset{-}{W}, \underset{+}{X_1} \right). \quad (3.11)$$

Čia Π – darbo paklausa, P_G – gamintojų Lietuvos rinkoje parduotos produkcijos kainų indeksai, Y – pridėtinė vertė, W – vidutinis mėnesinis bruto darbo užmokestis, X_1 – užimtųjų skaičius.

$$LS = f_U \left(\underset{+}{PC}, \underset{-}{X_2} \right). \quad (3.12)$$

Čia LS – darbo pasiūla, PC – prekių ir paslaugų vartojimas, X_2 – faktiškai dirbtų valandų skaičius.

Kainos. Gamybos kaštai susidaro bet kuriame versle: žemės ūkyje, išgaunamojoje ir apdirbamojoje gamyboje, paslaugų srityje. Juos sudaro visų panaudotų gamybinių išteklių (darbo, kapitalo, ir kt.) vertė. Siekiant ekonominio efektyvumo, gamintojams būtina įvertinti išlaidas, naudojamiems gamybos veiksniams. Jei keičiasi gamybos veiksnių kainos, tai gamybos išlaidos taip pat pasikeičia. Tuomet gamintojui tenka iš naujo spręsti naudojamų gamybos veiksnių optimizavimo uždavinį arba peržiūrėti savo gaminamos produkcijos ar teikiamų paslaugų kainas. Dideli kainų svyravimai apsunkina santykinę prekių ir paslaugų kainų pokyčių vertinimą, veda prie nukrypimų nuo efektyvaus resursų paskirstymo, dėl šių svyravimų vyksta turto ir pajamų persikirstymas, didėja investavimo rizika.

Vienas iš svarbiausių gamybos veiksnių trumpuoju laikotarpiu yra darbas. Darbo apmokėjimas sudaro gana didelę gamintojų kaštų dalį. Gaminama produkcija, užimtumas, darbo užmokestis ir kainos yra tiesiogiai susijusiame cikliniame ryšyje. Norint gaminti daugiau produkcijos reikia daugiau darbuotojų, todėl atsiranda daugiau užimtųjų. Didėjant užimtųjų skaičiui mažėja nedarbo lygis. Žemas nedarbo lygis sąlygoja darbo užmokesčio kilimą. Darbo užmokesčio didėjimas didina gamintojų kaštus, todėl gamintojai kelia produkcijos ar paslaugų kainas. Pabrangus gamintojų parduodamoms prekėms ar paslaugoms, bei išaugus vartotojų kainoms, krenta darbo nauda, todėl darbdaviai, norėdami išlaikyti darbuotojus, yra priversti didinti darbo užmokestį.

Nors darbas sudaro didelę gamybos kaštų dalį, tačiau būtina atsižvelgti ir į kitus gamintojų patiriamus kaštus. Norint atlikti išsamią analizę, sudaroma gamintojų patiriamų kaštų funkcija, kuri įvertinama naudojant gamybos funkciją, papildytą išteklių kainų pokyčiais:

$$Z(t) = \hat{A} \cdot F(Z_1(t) \cdot P_1(t), Z_2(t) \cdot P_2(t), \dots, Z_m(t) \cdot P_m(t)). \quad (3.13)$$

Čia $Z(t)$ – bendrieji gamybos kaštai, $P_1(t), P_2(t) \dots P_m(t)$ – gamybos išteklių kainų indeksai, \hat{A} – parametras.

Be gamintojų patiriamų kaštų, sprendimą dėl produkcijos kainų įtakoja rinka – namų ūkių ir valdžios sektoriaus galutinis vartojimas, bei parduodamos produkcijos kiekis, investicijos, bei eksportas. Todėl vertinant gamintojų kainas į kaštų funkciją įtraukiami anksčiau minėti regresoriai.

$$P_G(t) = \hat{A} \cdot F(Z_1(t) \cdot P_1(t), Z_2(t) \cdot P_2(t), \dots, Z_m(t) \cdot P_m(t), V_n(t, v), V_v(t, v), I(t, v), X_8(t, v), e(t, v)). \quad (3.14)$$

Čia $P_G(t)$ – gamintojų kainų indeksai, $V_v(t)$ – valdžios sektoriaus vartojimo išlaidos, $I(t)$ – investicijos, $X_8(t)$ – parduota produkcija, $e(t)$ – eksportuota produkcija, v – laiko postūmis, $v = 0, 1, 2, 3, 4$.

Pagrindinis gamintojų tikslas yra gauti maksimalų pelną, todėl gamintojų kainų pokyčiai turi būti aukštesni už ribinių kaštų pokyčius, t. y. $\hat{A} = 1 + \mu$. Simboliu μ čia pažymėta gamintojų marža.

Nors galutinio vartojimo prekių ir paslaugų kainų pokyčius labai įtakoja gamintojų parduodamų prekių ir paslaugų kainų svyravimai, tačiau jie nėra tapatūs. Taip yra dėl dviejų priežasčių. Pirmiausia, dalis gamintojų parduodamų prekių nėra skiriama galutiniam, o tarpiniam vartojimui arba eksportui. Antra, vartotojai perka ne tik vietos gamintojų pagamintas prekes ar paslaugas, bet ir importuotas.

$$P_{V_j}(t) = (1 + \eta) \cdot [(1 + \mu) \cdot F(Z_1(t) \cdot P_1(t), Z_2(t) \cdot P_2(t), \dots, Z_m(t) \cdot P_m(t), V_n(t, v), V_v(t, v), I(t, v), X_8(t, v), e(t, v)) \cdot \Phi(P_{im_j}(t, v))]. \quad (3.15)$$

Čia $P_{V_j}(t)$ – j -tosios prekės, prekių grupės ar paslaugos vartotojų kainų indeksas, η – mažmenininkų marža, $P_{im_j}(t)$ – j -tosios importuojamos prekės, prekių grupės ar paslaugų kainų indeksas.

Infliacija susidaro tada, kai visuminė paklausa viršija visuminę pasiūlą. Ilguoju laikotarpiu pagrindinis veiksnys, veikiantis visuminę paklausą, yra pinigų kiekis. Todėl į galutinę vartojimo prekių ir paslaugų kainų lygtį buvo įtrauki papildomi regresoriai, kurie atspindi vartotojų perkamąją galią. Vienas iš tokių indikatorių yra darbo užmokestis. Tačiau dėl pastaraisiais metais

sustiprėjusių emigracinių procesų ir išaugusių darbo pajamų iš užsienio, darbo užmokestis nepilnai atspindi Lietuvos vartotojų perkamąją galią. Todėl, patikrinus reikšmingumą, į modelio lygtis buvo įtrauktas darbo pajamų kreditas, bei pinigų kiekis.

Vartojimo prekių ir paslaugų kainų modelių lygtys sudarytos dvylikai skirtingų grupių, kurios suklasifikuotos pagal Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacijos parengtą tarptautinį Individualaus vartojimo išlaidų pagal paskirtį klasifikatorių (COICOP – Classification of Individual Consumption by Purpose).

Įvertinti indeksai agreguojami naudojant Laspeireso formulę pagal Statistikos departamento parengtą ir kasmet atnaujinamą svorių sistemą:

$$P_V(t) = \sum_{i=1}^{12} w_i \cdot P_{Vi} . \quad (3.16)$$

Čia w_i – i -tosios prekės, prekių grupės ar paslaugos svoris vartojimo prekių ir paslaugų krepšelyje.

Kainų stabilumas – geriausias pinigų politikos įrankis, kuriuo galima prisidėti prie kitų dviejų svarbių ekonominės perspektyvos tikslų – ekonominio augimo ir darbo vietų kūrimo. Lietuvoje per paskutiniuosius 10 metų buvo registruojami ir defliacijos, ir aukštos infliacijos periodai, kurie neigiamai įtakojo šalies ekonominį stabilumą. Darbe analizuotos įvairių veiksnių sąsajos su infliacijos pokyčiais Lietuvoje.

Trumpu laikotarpiu infliaciją nulemiančius veiksnius galima suskirstyti į paklausos ir sąnaudų grupes. Todėl kainų analizei į ekonominių indikatorių modelį integruota sąnaudų – produkcijos lentelė. Lentelėje parodoma, prekių ir paslaugų vartojimas (pagal ekonominės veiklos rūšis), galutinis vartojimas, bendrasis kapitalo formavimas ir eksportas. Pasinaudojant šiais duomenimis sudarytas programinis modulis, kurio pagalba apskaičiuojamas išteklių kainų pokyčių poveikis galutinio vartojimo kainoms, nustatomi vartojimo prekių ir paslaugų pokyčiai, pasikeitus konkrečių išteklių kainoms:

$$Y(\cdot) = \sum_{k=1}^n \sum_i \frac{Z_{ij}}{\sum_j Z_{ij}} P_i w_k . \quad (3.17)$$

Čia Z_{ij} – j -tosios veiklos sąnaudos i -tojoje veikloje, P_i – sąnaudų i -tojoje veikloje kainų indeksas, w_k – svoris.

Toliau pateikiamos kainų indeksų specifikacijos.

$$P_G = f_{P_G} \left(\underset{+}{L} \cdot \underset{+}{W}, \underset{+}{I}, \underset{+}{X}_7, \underset{+}{V}_n, \underset{+}{V}_v, \underset{+}{X}_8, \underset{+}{P}_{\text{exp}}, \underset{+}{EX} \right) . \quad (3.18)$$

Čia P_G – gamintojų Lietuvos rinkoje parduodamos pramonės produkcijos kainų indeksai, L – darbas, W – vidutinis mėnesinis bruto darbo užmokestis, I – investicijos, X_7 – nuosavas kapitalas, V_n – namų ūkių vartojimo išlaidos, V_v – valdžios sektoriaus vartojimo išlaidos, X_8 – parduota produkcija, P_{exp} – eksporto kainų indeksas, EX – eksportuota produkcija.

$$P_V = f_{P_V} \left(\underset{+}{P_G}, \underset{+}{V_n}, \underset{+}{V_v}, \underset{+}{P_{im}}, \underset{+}{PB}, \underset{+}{W}, \underset{+}{DP} \right). \quad (3.19)$$

Čia P_V – suderinti vartotojų kainų indeksai, P_G – gamintojų Lietuvos rinkoje parduotos produkcijos kainų indeksai, V_n – namų ūkių vartojimo išlaidos, V_v – valdžios sektoriaus vartojimo išlaidos, P_{im} – importo kainų indeksai, $PB(t)$ – pinigų bazė: grynieji pinigai apyvartoje, kredito įstaigų einamosios sąskaitos ir privalomosios atsargos, W – vidutinis mėnesinis bruto darbo užmokestis, $DP(t)$ – darbo pajamų kreditas.

Pajamos. Bet kurio subjekto pajamoms būdingos dvi pagrindines funkcijos: vartojimo (einamųjų poreikių tenkinimas) ir kaupimo (dabartinio vartojimo atidėjimas į kitus laikotarpius, ateities poreikių tenkinimui). Pajamos gali būti tiek piniginės formos, tiek natūrinių išteklių pavidalu. Šiame darbe modeliuojamos pajamos skirstomos į gyventojų, ūkio subjektų ir nacionalinio biudžeto pajamas. Toliau trumpai aptarsime kiekvienos grupės pajamų šaltinius, pajamų srautus bei esamus Lietuvos pajamų indikatorius.

Norėdami užtikrinti pakankamą savo gyvenimo gerovę, gyventojai naudoja turimus išteklius: žmogiškąjį kapitalą, fizinį bei finansinį turtą. Kiekvienas šių išteklių teikia jų savininkui atitinkamas pajamas. Paprastai individo gaunamos pajamos yra tiesiogiai susijusios su jo veiklos pobūdžiu.

Gyventojų pajamų šaltinius galima suskirstyti pagal pajamų prigimtį į tris grupes: rinkos, perskirstymo sistemos arba kitų asmenų paramos. Pajamos yra priskiriamos rinkos pajamoms, jei yra gaunamos vienoje iš rinkų – darbo, finansų ar turto rinkoje. Perskirstymas susijęs su tam tikrais valstybės įsipareigojimais ir apima gyventojų pajamas, gaunamas iš socialinės apsaugos sistemos plačiąja prasme bei natūrinius valstybės transferus. Šios srities pajamas namų ūkio nariai gali gauti ir nenaudodami jokio kapitalo, tiesiog turi atlikti tam tikrus reikalavimus arba patekti į tam tikrą gyventojų kategoriją. Kitų asmenų paramą galima taip pat priskirti perskirstymui, tačiau ji nėra susijusi su valstybės įsipareigojimais. Tai laisvanoriška šeimos narių, giminių, nevyriausybinų organizacijų parama. Statistiniai duomenys rodo, kad kitų namų ūkių parama nėra reikšminga, todėl šiame darbe jie nemodeliuojami.

Namų ūkių disponuojamos pajamos atspindi namų ūkio vartojimo galimybes, parodo šalies socialinį ekonominį išsivystymą. Pajamų srautai

informuoja apie gyventojų ekonominį aktyvumą, išteklių pasiskirstymą, šalies ūkio struktūrą.

Informaciją apie namų ūkio disponuojamąsias pajamas rengia Lietuvos Statistikos departamentas, atlikdamas metinį pajamų ir gyvenimo sąlygų statistinį tyrimą. Tyrimo rezultatai rodo, kad namų ūkių disponuojamos pajamos mažėja jau keletą metų iš eilės. Be to, analizuojant namų ūkių pasiskirstymą pagal pagrindinį pajamų šaltinį, pastebėta, kad namų ūkių, kurių pagrindinis pajamų šaltinis buvo samdomo darbo pajamos, kiekis pastaraisiais metais taip pat santykinai sumažėjo. Gyventojų, kurių pagrindinis pajamų šaltinis – socialinės išmokos, skaičius stabiliai augo. Paskutinio atlikto pajamų ir gyvenimo sąlygų tyrimo rezultatai rodo, kad 2011 metais iš samdomo darbo pajamų gyveno 51 proc. visų namų ūkių, savarankiškai dirbantys asmenys sudarė 4 proc., tuo tarpu iš socialinių išmokų gyveno 42 proc. namų ūkių (iš jų socialinės išmokos senatvėje sudarė 29 proc., o kitos socialinės išmokos – 13), likusios pajamos (2 proc.) buvo gautos iš kitų pajamų šaltinių.

Skelbiamos tik metinės namų ūkių pajamos, o šiame darbe naudojamos ketvirtinio dažnumo laiko eilutės, tai gyventojų pajamų pokyčiams aprašyti buvo parinkti kiti ekonominiai indikatoriai tiesiogiai susiję su pajamomis. Daugiau nei pusė namų ūkių gyvena iš samdomo darbo pajamų, o darbo užmokestis geriausiai atspindi samdomo darbo pajamas, todėl šį ekonominį indikatorių buvo nuspręsta įtraukti į modelį. Namų ūkių, kurių pagrindinis pajamų šaltinis yra socialinės išmokos, didžiąją dalį sudaro pensijų gavėjai, todėl buvo sudaryta ir socialinio draudimo vidutinės senatvės pensijos lygtis. Kitų ketvirtinių duomenų, kurie atspindėtų privačių asmenų pajamas Lietuvoje rasti nepavyko.

Rašant apie užimtumą aptarėme, kad dirbantieji vertina darbo naudą pagal prekių ar paslaugų vartojimo galimybes, t. y. pagal tai, kiek galės už savo uždarbį įsigyti prekių bei paslaugų (W/P^e). Darbdaviai darbo užmokestį dažnai sieja su esama situacija darbo rinkoje, kurią atspindi nedarbo lygis. Todėl sudarant darbo užmokesčio lygtį įtraukiamas tikėtino kainų lygio faktorius, bei nedarbo lygis:

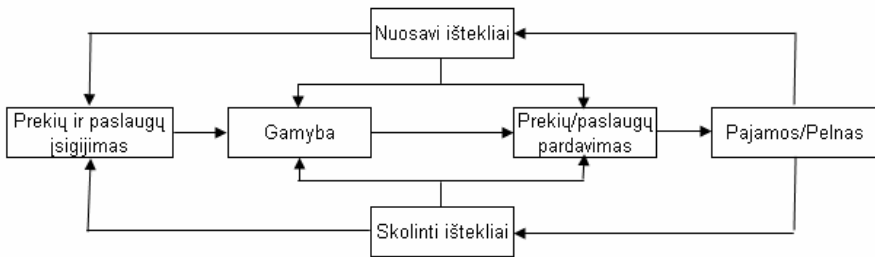
$$W(t) = P^e(t)F(Un(t), z(t)). \quad (3.20)$$

Čia $W(t)$ – vidutinis mėnesinis bruto darbo užmokestis, $P^e(t)$ – laukiamas kainų lygis, $Un(t)$ – nedarbo lygis, $z(t)$ – kiti faktoriai, įtakojantys darbo užmokestį.

Modelio lygtyse, tikėtino kainų lygio nustatymui naudotas praėjusio laikotarpio vartotojų kainų indeksas.

Patikimų regresorių vidutinės valstybinio socialinio draudimo senatvės pensijos modeliavimui nepavyko rasti, todėl šis indikatorius modeliuojamas naudojant adaptuotą SETAR.

Ūkio subjektų vadovai bei darbuotojai nuolat sprendžia labai įvairius įmonės veiklos klausimus, pvz., kiek reikia išigyti paslaugų ir prekių, kad nesutriktų įmonės darbas, bet nebūtų iššaldytos apyvartinės lėšos, kiek ir už kokią kainą parduoti (pagamintas) prekes ar paslaugas, kad gautų kuo didesnes pajamas ir galėtų pasiekti kuo didesnę pelną, kiek darbuotojų reikia pasamdyti, kad būtų įvykdyti visi turimi užsakymai, kaip sumažinti sąnaudas ir pan. Norint įgyvendinti pagrindinius įmonės keliamus tikslus, ūkio subjektams tenka nuolat stebėti ekonominius pokyčius ir tendencijas ne tik įmonės viduje, bet ir savo bei užsienio šalyse. Visų šių klausimų sprendimai įtakoja tiek ūkio subjektų situaciją kiekvienu laiko momentu, tiek ir jų veiklos rezultatą – pajamas. 3.4. paveiksle pavaizduota bendro pobūdžio supaprastinta ūkio subjektų veiklos schema.



3.4 pav. Supaprastinta ūkio subjektų veiklos schema
Fig. 3.4. Simplified scheme of activities of enterprises

Kadangi ne visoms įmonėms būdinga gamybos fazė, tai ją pašalinus, schema atspindi prekybos ar paslaugų įmonės veiklą.

Lietuvos Statistikos departamentas renka, sistemina bei apdoroja įmonių finansinius duomenis. Šiame skyrelyje modelio lygtis buvo sudaryta įmonių pardavimų ir kitos veiklos pajamų sumai.

Nacionalinio biudžeto pajamos apskaičiuojamos pagal TVF valstybės finansų statistikos vadovą (GFSM, 2001). Valdžios sektorių Lietuvoje sudaro du subsektoriai: centrinė valdžia ir vietinė valdžia. Centrinė valdžia apima valstybės biudžetą, socialinės apsaugos fondus („Sodra“ ir Privalomojo sveikatos draudimo fondo biudžetas, Užimtumo fondas) ir nebiudžetinius fondus. Nebiudžetinių fondų skaičius mažėja ir šiuo metu jų yra tik 5: Privatizavimo fondas, Garantinis fondas, 1990 metų blokados fondas, Ignalinos atominės elektrinės eksploatavimo nutraukimo fondas, Rezervinis (stabilizavimo) fondas. Vietinė valdžia apima savivaldybių biudžetus.

Nacionalinis Lietuvos biudžetas sudaromas iš valstybės ir savivaldybių biudžetų. Jis susideda iš mokesčių, kitų pajamų bei Europos Sąjungos paramos.

$$B(t) = \sum_i B_i^m(t) + \sum_i B_i^k(t) + B^p(t). \quad (3.21)$$

Čia $B(t)$ – nacionalinio biudžeto pajamos, $\sum_i B_i^m(t)$ – mokestinių pajamų suma, $\sum_i B_i^k(t)$ – kitų pajamų suma, $B^p(t)$ – Europos Sąjungos parama.

Gyventojų pajamų mokesčiui aprašyti naudojamas užimtųjų skaičius ir vidutinis mėnesinis bruto darbo užmokestis. Pelno ir socialinių mokesčių pokyčių įvertinimui įtraukiamas bendrasis įmonių pelnas, prekių ir paslaugų mokesčiams – sukurta pridėtinė vertė ir importas. Sudaryta visų mokestinių pajamų modelio lygtis:

$$B^m(t) = F(X_1(t), W(t), \bar{X}(t-1), Y(t), IM(t)). \quad (3.22)$$

Čia $X_1(t)$ – užimtųjų skaičius, $W(t)$ – vidutinis mėnesinis bruto darbo užmokestis, $\bar{X}(t-1)$ – praėjusio laikotarpio įmonių ūkinės veiklos pelnas, $IM(t)$ – importas.

Kitos nacionalinio biudžeto pajamos ir Europos Sąjungos paramos laiko eilutės modeliuojamos disertacijoje teikiamo – adaptuoto slenkstinio autoregresinio modelio pagalba.

Toliau pateikiamos pajamų indikatorių lygčių specifikacijos.

$$W = f_W \left(\underset{+}{P_V}, \underset{+}{Un} \right). \quad (3.23)$$

Čia W – vidutinis mėnesinis bruto darbo užmokestis, P_V – suderintas vartotojų kainų indeksas, Un – nedarbo lygis.

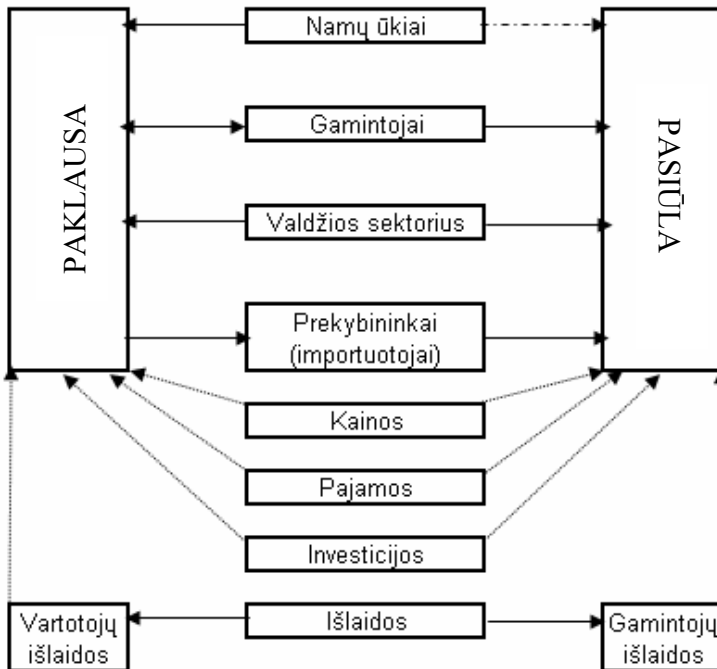
$$X_5 = f_{X_5} \left(\underset{+}{Y}, \underset{+}{P_G} \right). \quad (3.24)$$

Čia X_5 – pardavimo pajamos, Y – sukurta pridėtinė vertė, P_G – gamintojų Lietuvos rinkoje parduodamos pramonės produkcijos kainų indeksai.

$$B = f_B \left(\underset{+}{X_1}, \underset{+}{W}, \underset{+}{\bar{X}}, \underset{+}{Y}, \underset{+}{IM} \right). \quad (3.25)$$

Čia B – nacionalinio biudžeto pajamos, X_1 – užimtųjų skaičius, W – vidutinis mėnesinis bruto darbo užmokestis, \bar{X} – įmonių ūkinės veiklos pelnas, Y – pridėtinė vertė, IM – importas.

Prekyba. Šiame darbe prekybos rezultatus buvo nuspręsta analizuoti per prekių ir paslaugų paklausos bei pasiūlos prizmę. Vidaus paklausą šalyje tiesiogiai formuoja namų ūkiai ir valdžios sektorius, be to, kadangi Lietuva yra mažos atviros ekonomikos šalis, tai analizuojant būtina atsižvelgti ne tik į vidaus prekybą, bet ir į eksportą bei importą.



3.5 pav. Pasiūlos ir paklausos formavimas
Fig. 3.5. Factors affecting supply and demand

Namų ūkių vartojimo išlaidos 2012 metais Lietuvoje siekė 71,7 milijardus litų, o per pirmus du 2013 m. ketvirčius, lyginant su praėjusių metų atitinkamu laikotarpiu, namų ūkių išlaidos išaugo net 7,4 proc. Tuo tarpu valdžios sektoriaus išlaidos 2012 metais siekė kiek mažiau nei 20 milijardų litų ir pastaruosius ketverius metus keitėsi tik labai nežymiai. Todėl galima teigti, kad prekių ir paslaugų paklausą Lietuvoje daugiausia nulemia namų ūkiai. Tačiau reikia nepamiršti, kad nors ir neženkliai, bet namų ūkiai formuoja ir pasiūlą. Tai daugiausiai vyksta per augalininkystę ir gyvulininkystę, bei asmenis vykdančius individualią veiklą ar dirbančius pagal versto liudijimus.

Prekių paklausą veikia daugybė veiksnių: kainų pasikeitimas, vartotojo biudžeto dalis, skirta prekėms įsigyti, laikas. Tuo tarpu pasiūlą pirmiausia lemia laikas, po to konkurencingų prekių egzistavimas ir prekių saugojimo galimybės.

Galutinio vartojimo prekių pasiūlą gamintojai formuoja, veikiami esamos prekių ir paslaugų paklausos. O prekybininkai, užsiimantys prekių importu, analizuodami esamą paklausą, formuoja pasiūlą prekių ir paslaugų, kurios Lietuvoje negaminamos arba neteikiamos, arba importuoja konkurencingas prekes ar paslaugas.

Investicijos į gamybą suteikia galimybę gamintojams, naudojant tuos pačius resursus, pagaminti daugiau produkcijos, t. y. padidinti pasiūlą o įdiegtos naujos technologijos dažnai leidžia atpiginti produkcijos gamybą ir taip padidinti prekių konkurencingumą ir paklausą.

3.5 paveiksle pavaizduoti pasiūlą ir paklausą formuojantys bei įtakojantys faktoriai. Punktyrinėmis rodyklėmis pažymėti veiksniai, kurie įtakoja paklausą ir pasiūlą.

Vidaus prekių paklausos aprašymui šiame darbe naudojama lygtis:

$$D(t) \equiv V_n(t) + I(t) + V_v(t) - \xi(t) \cdot IM(t) + EX(t). \quad (3.26)$$

Čia $D(t)$ – vidaus prekių paklausa, $V_n(t)$ – privatus vartojimas, $I(t)$ – investicijos, $V_v(t)$ – valdžios sektoriaus vartojimas, $\xi(t)$ – realus valiutos kursas, $IM(t)$ – importas, $EX(t)$ – eksportas.

Vartojimas priklauso nuo pajamų, todėl namų ūkių ir valdžios sektoriaus išlaidos modeliuojamos naudojant pajamas bei kitus piniginius indikatorius. Namų ūkių vartojimui aprašyti be pajamų naudojama mažmeninės prekybos ir maitinimo įmonių apyvarta:

$$V_v(t) = F(W(t), DP(t), MP(t)). \quad (3.27)$$

Čia $W(t)$ – vidutinis mėnesinis bruto darbo užmokestis, $DP(t)$ – darbo pajamų kreditas, $MP(t)$ – mažmeninės prekybos ir maitinimo įmonių apyvarta:

$$G(t) = F(B(t), Y_L(t), PB(t)). \quad (3.28)$$

Čia $B(t)$ – nacionalinio biudžeto pajamos, $Y_L(t)$ – viešojo valdymo ir gynybos, privalomojo socialinio draudimo sukurta pridėtinė vertė, $PB(t)$ – pinigų bazė: grynieji pinigai apyvartoje, kredito įstaigų einamosios sąskaitos ir privalomosios atsargos.

Investicijos tiesiogiai priklauso nuo dviejų faktorių: ūkinio subjekto pelno ir palūkanų normų. Kadangi pardavimai priklauso nuo vartojimo, tai į modelio lygtį įtrauktas privatus ir valdžios sektoriaus vartojimas. Jei vartojimas auga, tai įmonių prekių ar paslaugų pardavimai taip pat auga, o tuo pačiu didėja ir pelnas. Tačiau norint padidinti produkcijos kieki, reikia didinti investicijas. Kadangi ne

visuomet investicijoms pakanka uždirbto pelno, tai daugelis įmonių investuojant ima paskolas. Todėl, į modelio lygtį įtraukiama paskolų apimtis ir palūkanų normos. Jei jos aukštos, tai gali būti, kad investicijų nauda bus žemesnė už palūkanas, ir įmonės nuspręs neinvestuoti. Sudaryta investicijų modelio lygtis:

$$I(t) = F(\bar{X}(t-2), PA(t-1), PN(t-1), V_n(t), V_v(t-4)). \quad (3.29)$$

Čia $\bar{X}(t)$ – įmonių ūkinės veiklos pelnas, $PA(t-1)$ – suteiktų paskolų apimtis per praėjusį laikotarpį, $PN(t-1)$ – praėjusio periodo palūkanų norma, $X_1(t)$ – užimtųjų skaičius.

Kadangi nėra pakankamai duomenų apie visas investicijų rūšis Lietuvoje, tai šiame darbe apsiribota tik materialinių investicijų modeliavimu.

Importui aprašyti sudaryta importo paklausos funkcija, naudojant vartojimo, investicijų ir eksporto kintamuosius. Importas taip pat priklauso ir nuo produkcijos, bei realaus valiutų kurso. Dėl realaus valiutų kurso didėjimo vidaus prekės santykinai tampa brangesnėmis, palyginti su importuojamomis prekėmis, todėl atsiranda importo augimo galimybės. Ir atvirkščiai – kritus realiam valiutų kursui vidaus prekės tampa santykinai pigesnės, nei importuojamos. Lietuvoje nėra įvertinto ir oficialiai paskelbto realaus valiutos kurso, be to tiksliai jį įvertinti gana sudėtinga, kadangi realus valiutos kursas yra susijęs su nominaliu valiutos kursu bei kainomis vidaus ir išorės rinkose. Todėl vertinant importą, buvo nuspręsta naudoti nominalų lito ir užsienio šalių, iš kurių daugiausiai importuojama (Rusijos, Lenkijos ir Latvijos), valiutų santykį. Nors iš Vokietijos taip pat importuojama daug, bet, kadangi lito ir euro santykis yra pastovus, tai į lygtį jis netraukiamas:

$$IM(t) = F(V_n(t), V_v(t), I(t), EX(t-1), \bar{\xi}_{RU}(t-3), \bar{\xi}_{PL}(t-3), \bar{\xi}_{LV}(t-3)). \quad (3.30)$$

Čia $\bar{\xi}_{RU}(t)$ – lito ir Rusijos rublio santykis, $\bar{\xi}_{PL}(t)$ – lito ir Lenkijos zloto santykis, $\bar{\xi}_{LV}(t)$ – lito ir Latvijos lato santykis.

Lietuvoje pagaminta produkcija eksportuojama į daugelį šalių. Norint tiksliai aprašyti eksportuojamą produkciją, reikėtų analizuoti visų šių šalių rinkas. Tai nėra šio darbo tikslas. Todėl, eksporto pokyčiams aprašyti naudojama sukurta pridėtinė vertė, prekių vartojimo Lietuvoje indikatoriai, eksporto kainų indeksas, o valiutų santykių pokyčių įtaka eksportui tiriama į lygtį įtraukiant lito ir šalių, į kurias daugiausiai eksportuojama, valiutos santykius:

$$EX(t) = F(Y(t-1), V_n(t), V_v(t), P_{exp}(t-1), \bar{\xi}_{RU}(t), \bar{\xi}_{PL}(t), \bar{\xi}_{LV}(t)). \quad (3.31)$$

Čia $P_{exp}(t-1)$ – praėjusio laikotarpio eksportuotų prekių kainų pokyčiai.

Toliau pateikiamos prekybos indikatorių lygčių specifikacijos.

$$V_n = f_{V_n} \left(\underset{+}{W}, \underset{+}{DP}, \underset{+}{MP} \right). \quad (3.32)$$

Čia V_n – privatus vartojimas, W – vidutinis mėnesinis bruto darbo užmokestis, DP – darbo pajamų kreditas, MP – mažmeninės prekybos ir maitinimo įmonių apyvarta.

$$V_v = f_{V_v} \left(\underset{+}{B}, \underset{+}{Y_O}, \underset{+}{PB} \right). \quad (3.33)$$

Čia V_v – valdžios sektoriaus vartojimas, B – nacionalinio biudžeto pajamos, Y_O – viešojo valdymo ir gynybos; privalomojo socialinio draudimo sukurta pridėtinė vertė, PB – pinigų bazė: grynieji pinigai apyvartoje, kredito įstaigų einamosios sąskaitos ir privalomosios atsargos.

$$I = f_I \left(\underset{+}{\bar{X}}, \underset{+}{PA}, \underset{-}{PN}, \underset{+}{X_1} \right). \quad (3.34)$$

Čia I – materialinės investicijos, \bar{X} – įmonių ūkinės veiklos pelnas, PA – suteiktų paskolų apimtis, PN – palūkanų norma, X_1 – užimtųjų skaičius.

$$IM = f_{IM} \left(\underset{+}{V_n}, \underset{+}{V_v}, \underset{-}{I}, \underset{+}{EX}, \underset{+}{\bar{\xi}_{RU}}, \underset{+}{\bar{\xi}_{PL}} \right). \quad (3.35)$$

Čia IM – importas, V_n – privatus vartojimas, V_v – valdžios sektoriaus vartojimas, I – investicijos, EX – eksportas, $\bar{\xi}_{RU}(t)$ – lito ir Rusijos rublio santykis, $\bar{\xi}_{PL}(t)$ – lito ir Lenkijos zloto santykis.

$$EX = f_{EX} \left(\underset{-}{V_n}, \underset{-}{V_v}, \underset{+}{I}, \underset{+}{P_{exp}}, \underset{-}{\bar{\xi}_{LV}} \right). \quad (3.36)$$

Čia EX – eksportas, V_n – privatus vartojimas, V_v – valdžios sektoriaus vartojimas, P_{exp} – eksportuotų prekių kainų indeksas, $\bar{\xi}_{LV}(t)$ – lito ir Latvijos lato santykis.

3.1 lentelėje pateiktos visų modelio lygčių sudedamųjų dalių aprašančių lygčių specifikacijos ir susisteminti struktūriniai modelio ryšiai. Lygtyse nurodyti indikatoriai, galintys reikšmingai įtakoti, nagrinėjamus kintamuosius. Apačioje nurodyti tikėtini šių indikatorių parametrų ženklai.

3.1.2. Modelio lygčių parametų vertinimo eiga ir rezultatai

Atrinkus tarpusavyje nekoreliuojančius egzogeninius kintamuosius, pagal ankstesniuose skyriuose aprašytą metodiką, tikrinama hipotezė dėl regresijos lygties adekvatiškumo, t. y. iškeliami nulinė hipotezė, kad nė vienas veiksnys reikšmingai neįtakoja priklausomo kintamojo

$$\begin{cases} H_0 : b_1 = b_2 = \dots = b_k = 0, \\ H_1 : \text{bent vienas } b_j \neq 0. \end{cases}$$

Hipotezės tikrinimui naudojama F statistika:

$$F_{k,n-k-1} = \frac{\frac{1}{k} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\frac{1}{n-k-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}. \quad (3.37)$$

Jei hipotezė, kad visi parametrai prie nepriklausomų kintamųjų yra nereikšmingi, atmetama, tuomet tikriname kiekvieno regresoriaus reikšmingumą ir naudojame laipsniško veiksmų atmetimo procedūrą. Hipotezės apie tam tikro nepriklausomo kintamojo reikšmingumą tikrinimui

$$\begin{cases} H_0 : b_j = 0, \\ H_1 : b_j \neq 0. \end{cases}, \text{ naudojamas}$$

Stjudento kriterijus:

$$t = \frac{\hat{b}_j}{\sqrt{\frac{\frac{1}{n-k-1} \sum_{i=1}^n \hat{\varepsilon}_i^2}{\frac{1}{n-k-2} \sum_{i=1}^n \hat{\varepsilon}_i^2(j)}}}. \quad (3.38)$$

Čia $\sum_{i=1}^n \hat{\varepsilon}_i^2(j)$ – regresijos modelio, kuriame X_j yra priklausomas kintamasis, o $X_1, \dots, X_{j-1}, X_{j+1}, \dots, X_n$ – nepriklausomi kintamieji, liekamųjų paklaidų kvadratų suma.

Modelio lygčių parametų įverčiai buvo apskaičiuoti taikant mažiausių kvadratų metodą.

Kadangi atlikus modelių tikslumo analizę, naudojant modeliuotas sekas, nustatyta, kad norint pasiekti didesnę tikslumą, prieš modeliuojant tikslinga eliminuoti sezoninę komponentę, tai vertintos modelio lygtis bendroju pavidalu galima užrašyti: $y(t) = s(t) + f(x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t))$.

Prieš sudarant modelio lygtis, patikrinta ar laiko eilutėje nėra išsiskiriančių (adityvių, lygio postūmio, praeinančių pokyčių) reikšmių. Jas aptikus, išskirtims aprašyti į modelio lygtį įtraukti fiktyvieji kintamieji.

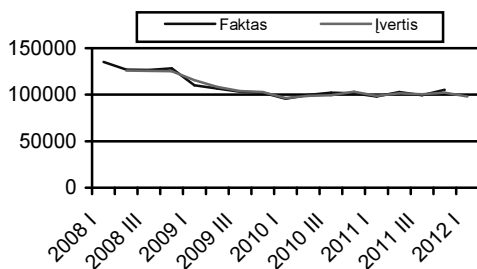
Kad neišplėsti šio darbo apimties, žemiau pateikta dalis sudarytų lygčių su įvertintais parametrais ir jų reikšmingumais. Kitos modelio lygtys pateiktos F priede. Po lygtimis surašytos pagrindinės statistinės lygties charakteristikos: modelio lygčių adekvatumo – determinacijos koeficientas R^2 , liekanų autokoreliacijos – Durbin-Watson, ir santykinės absoliutinės modelių lygčių paklaidos (toliau ją žymėsime l).

Užimtumas. Pirmiausia sudaromos lygtys faktiškai dirbtoms valandoms, po to vertinamas užimtųjų skaičius. Faktiškai dirbtos valandos ir užimtųjų skaičius vertinami pagal 21 ekonominę veiklos rūšį. Visos dirbtos valandos ir visi užimtieji apskaičiuojami agreguojant gautus įverčius. Čia teikiamos tik trijų veiklų, kurioms tenka didesnioji dalis užimtųjų, lygtys:

$$X_{2C} = 6655,927 \cdot W_C^{1,189} (t-1) \cdot P_V^{-1,310} (t-4). \quad (3.39)$$

$\begin{matrix} 2,637 & 3,170 & -9,685 \end{matrix}$

Čia X_{2C} – faktiškai dirbtos valandos apdirbamojoje gamyboje, P_V – suderintas vartotojų kainų indeksas.



3.6 pav. Dirbtų valandų apdirbamojoje gamyboje modeliavimo rezultatai

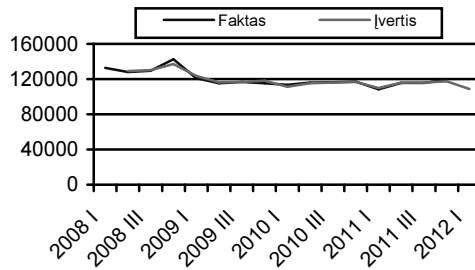
Fig. 3.6. Results of modelling of the worked hours in manufacturing

Įvertinto modelio paklaida pakankamai žema – $l = 1,70$ %; determinacijos koeficientas rodo aukštą modelio adekvatumą – $R^2 = 0,96$, o Durbin-Watson statistika parodo, kad gauto modelio paklaidos nėra autokorteliuotos $DW = 2,10$.

$$X_{2G} = 6,727 \cdot 10^5 \cdot P_V^{-0,632} (t-3) \cdot X_3^{0,087} (t-1). \quad (3.40)$$

$\begin{matrix} 10,815 & -3,554 & 3,083 \end{matrix}$

Čia X_{2G} – faktiškai dirbtos valandos didmeninės ir mažmeninės prekybos, variklinių transporto priemonių ir motociklų remonto veiklose – suderintas vartotojų kainų indeksas, X_3 – materialinės investicijos.



3.7 pav. Dirbtų valandų didmeninės ir mažmeninės prekybos, variklinių transporto priemonių ir motociklų remonto veiklose modeliavimo rezultatai

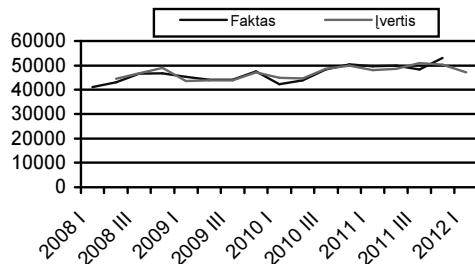
Fig. 3.7. Results of modelling of the worked hours in wholesale and retail trade; repair of motor vehicles and motorcycles

Įvertinto modelio paklaida pakankamai žema – $l = 1,02$ %; determinacijos koeficientas rodo aukštą modelio adekvatumą – $R^2 = 0,92$, o Durbin-Watson statistika rodo, kad gauto modelio paklaidos nėra reikšmingai autokorteliuotos.

$$X_{2H} = -27820,335 + 43,636 W_H(t-1) - 0,004 X_3(t-3). \quad (3.41)$$

-1,098
3,123
-4,122

Čia X_{2H} – faktiškai dirbtos valandos transporto ir saugojimo veiklose, W_H – darbo užmokestis transporto ir saugojimo veiklose, X_3 – materialinės investicijos.



3.8 pav. Dirbtų valandų transporto ir saugojimo veiklose modeliavimo rezultatai

Fig. 3.8. Results of modelling of the worked hours in transporting and storage

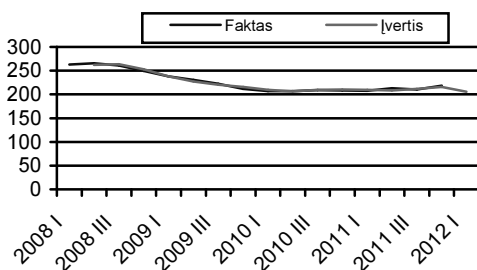
Įvertinto modelio paklaida – $l = 2,66 \%$; determinacijos koeficientas rodantis modelio adekvatumą – $R^2 = 0,63$, o Durbin-Watson statistika parodo, kad gauto modelio paklaidos nėra autokorteliuotos $DW = 2,28$.

Toliau pateikti įvertintos užimtųjų skaičiaus modelio lygtys:

$$X_{1C} = 0,135 \cdot X_{2C}^{0,407} (t-2) \cdot P_V^{-0,762} (t-3) \cdot X_4^{0,366} (t-2). \quad (3.42)$$

$\begin{matrix} -0,954 & 6,560 & -4,971 & 4,051 \end{matrix}$

Čia X_{1C} – užimtųjų skaičius apdirbamojoje gamyboje, X_{2C} – faktiškai dirbtos valandos apdirbamojoje gamyboje, P_V – suderintas vartotojų kainų indeksas, X_4 – tiesioginės užsienio investicijos.



3.9 pav. Užimtųjų skaičiaus apdirbamojoje gamyboje modeliavimo rezultatai

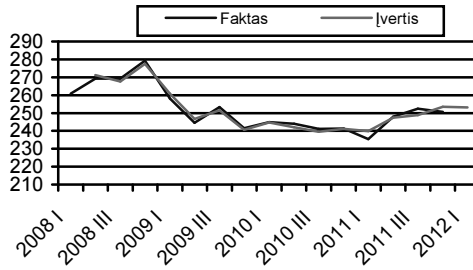
Fig. 3.9. Results of modelling of the employment in manufacturing

Įvertinto modelio paklaida pakankamai žema – $l = 0,98 \%$; determinacijos koeficientas rodo aukštą modelio adekvatumą – $R^2 = 0,98$, o Durbin-Watson statistika parodo, kad gauto modelio paklaidos nėra autokorteliuotos $DW = 2,00$.

$$X_{1G} = 3,920 \cdot 10^{-13} \cdot X_{2G}^{1,282} (t) \cdot P_V^{-1,658} (t-1) \cdot X_3^{0,089} (t-4) \cdot X_{4G}^{1,681} (t-1). \quad (3.43)$$

$\begin{matrix} -5,065 & 10,647 & -2,664 & 3,900 & 3,672 \end{matrix}$

Čia X_{1G} – užimtųjų skaičius didmeninės ir mažmeninės prekybos, variklinių transporto priemonių ir motociklų remonto veiklose, X_{2G} – faktiškai dirbtos valandos didmeninės ir mažmeninės prekybos, variklinių transporto priemonių ir motociklų remonto veiklų įmonėse, P_V – suderintas vartotojų kainų indeksas, X_3 – materialinės investicijos, X_{4G} – tiesioginės užsienio investicijos didmeninės ir mažmeninės prekybos, variklinių transporto priemonių ir motociklų remonto veiklose.



3.10 pav. Užimtųjų skaičiaus didmeninės ir mažmeninės prekybos, variklinių transporto priemonių ir motociklų remonto veiklose modeliavimo rezultatai

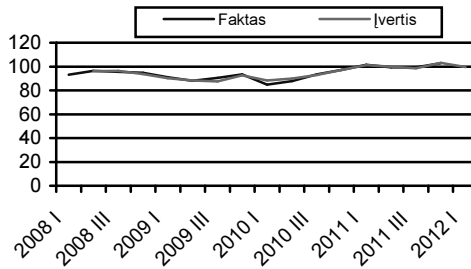
Fig. 3.10. Results of modelling of the employment in wholesale and retail trade; repair of motor vehicles and motorcycles

Įvertinto modelio paklaida pakankamai žema – $l = 0,79 \%$; determinacijos koeficientas rodo aukštą modelio adekvatumą – $R^2 = 0,96$, o Durbin-Watson statistika parodo, kad gauto modelio paklaidos nėra autokorteliuotos $DW = 2,10$.

$$X_{1H} = 9,120 + 0,001 X_{2H}(t) - 0,324 P_V(t-1) + 1,978 \cdot 10^{-6} X_4(t-1). \quad (3.44)$$

0,631
4,892
-2,350
5,861

Čia X_{1H} – užimtųjų skaičius transporto ir sandėliavimo veiklose, X_{2H} – faktiškai dirbtos valandos transporto ir sandėliavimo veiklose, P_V – suderintas vartotojų kainų indeksas, X_4 – tiesioginės užsienio investicijos.



3.11 pav. Užimtųjų skaičiaus transporto ir saugojimo veiklose modeliavimo rezultatai

Fig. 3.11. Results of modelling of the employment in transporting and storage

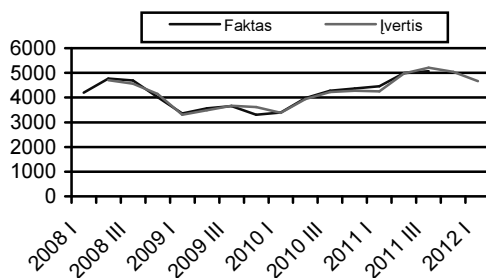
Įvertinto modelio paklaida pakankamai žema – $l = 1,22 \%$; determinacijos koeficientas rodo aukštą modelio adekvatumą – $R^2 = 0,92$, o Durbin-Watson statistika parodo, kad gauto modelio paklaidos nėra autokorteliuotos $DW = 1,76$.

Gamyba. Gamybos dalyje modeliuojama 21 ekonominės veiklos rūšių pridėtinė vertė. Čia teikiamos tik trijų veiklų, kuriose sukuriama daugiausiai pridėtinės vertės, lygtys.

$$Y_C(t) = 1875,735 + 0,582Y_C(t-1) - 6,850X_{1C}(t-3) + 1,545 \cdot 10^{-4} X_{4C}. \quad (3.45)$$

3,395
5,114
-4,187
3,246

Čia Y_C – pridėtinė vertė sukurta apdirbamojoje gamyboje, X_{1C} – užimtųjų skaičius apdirbamojoje gamyboje, X_{4C} – tiesioginės užsienio investicijos apdirbamajai gamybai.



3.12 pav. Pridėtinės vertės apdirbamojoje gamyboje modeliavimo rezultatai

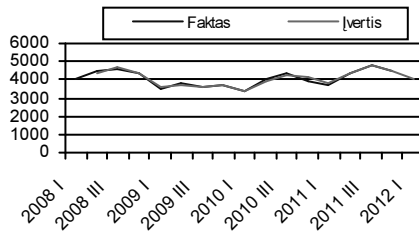
Fig. 3.12. Results of modelling of the value added in manufacturing

Įvertinto modelio paklaida – $l = 2,42$ %; determinacijos koeficientas rodo aukštą modelio adekvatumą – $R^2 = 0,95$, o Durbin-Watson statistika parodo, kad gauto modelio paklaidos nėra autokorteliuotos $DW = 1,60$.

$$Y_G(t) = 4985,835 - 9,693X_{1G}(t-3) + 2,901 \cdot 10^{-4} X_{4G}(t-1) + 1,070 \cdot 10^{-4} X_{5G}(t-1) - 1,366 \cdot 10^{-4} X_{7G}(t-4). \quad (3.46)$$

4,194
-3,446
2,235
12,042
-4,161

Čia Y_G – pridėtinė vertė sukurta didmeninėje ir mažmeninėje prekyboje, variklinių transporto priemonių ir motociklų remonto veiklose, X_{1G} – užimtųjų skaičius didmeninės ir mažmeninės prekybos, variklinių transporto priemonių ir motociklų remonto veiklose, X_{4G} – tiesioginės užsienio investicijos didmeninės ir mažmeninės prekybos, variklinių transporto priemonių ir motociklų remonto veiklose, X_{5G} – pardavimo pajamos didmeninės ir mažmeninės prekybos, variklinių transporto priemonių ir motociklų remonto veiklose, X_{7G} – nuosavas kapitalas didmeninės ir mažmeninės prekybos, variklinių transporto priemonių ir motociklų remonto veiklose.



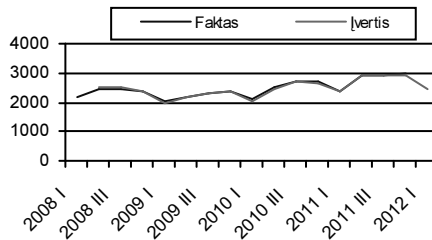
3.13 pav. Pridėtinės vertės didmeninės ir mažmeninės prekybos, variklinių transporto priemonių ir motociklų remonto veiklose modeliavimo rezultatai

Fig. 3.13. Results of modelling of the value added in wholesale and retail trade; repair of motor vehicles and motorcycles

Įvertinto modelio paklaida pakankamai žema – $l = 1,34 \%$; determinacijos koeficientas rodo aukštą modelio adekvatumą – $R^2 = 0,96$, o Durbin-Watson statistika parodo, kad gauto modelio paklaidos nėra autokorteliuotos $DW = 2,28$.

$$Y_H(t) = \underset{-10,316}{-2042,912} - \underset{-4,607}{0,032} X_{2H}(t-1) + \underset{17,062}{0,001} X_{7H}(t-1). \quad (3.47)$$

Čia Y_H – pridėtinė vertė sukurta transporto ir sandėliavimo veiklose, X_{2H} – faktiškai dirbtos valandos transporto ir sandėliavimo veiklose, X_{7H} – nuosavas kapitalas transporto ir sandėliavimo veiklose.



3.14 pav. Pridėtinės vertės transporto ir saugojimo veiklose modeliavimo rezultatai

Fig. 3.14. Results of modelling of the value added in transporting and storage

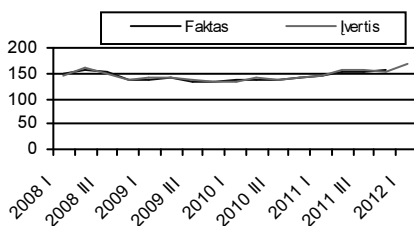
Įvertinto modelio paklaida pakankamai žema – $l = 1,29 \%$; determinacijos koeficientas rodo aukštą modelio adekvatumą – $R^2 = 0,98$, o Durbin-Watson statistika parodo, kad gauto modelio paklaidos nėra autokorteliuotos $DW = 1,94$.

Kainos. Gamintojų visos parduotos pramonės produkcijos kainų indeksų lygtys sudaromos atskirai kasybos ir karjerų eksploatavimo, apdirbamosios gamybos, elektros, dujų, garo tiekimo ir oro kondicionavimo, bei vandens tiekimo, nuotekų valymo, atliekų tvarkymo ir regeneravimo veikloms. Visos gamintojų parduotos pramonės produkcijos kainų indeksas apskaičiuojamas agreguojant

šių keturių veiklų grupių įvertintus indeksus pagal Laspeireso formulę (naudojant bazinius svorius).

$$P_{GB}(t) = \underset{12,069}{219,806} - \underset{-10,880}{0,092} X_{2B}(t-3) + \underset{11,539}{0,011} V_n(t-1) - \underset{-5,775}{0,017} V_v(t-1). \quad (3.48)$$

Čia P_{GB} – gamintojų parduotos pramonės produkcijos kasybos ir karjerų eksploatavimo veikloje kainų indeksas, X_{2B} – faktiškai dirbtos valandos kasyboje ir karjerų eksploatavime, V_n – namų ūkių vartojimo išlaidos, V_v – valdžios sektoriaus vartojimo išlaidos.



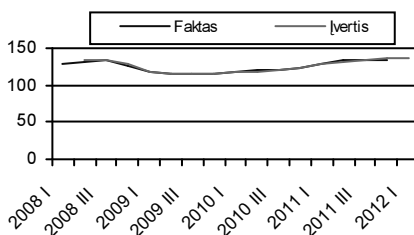
3.15 pav. Gamintojų parduotos pramonės produkcijos kasybos ir karjerų eksploatavimo veikloje kainų indekso modeliavimo rezultatai

Fig. 3.15. Results of modelling of the producer price index in mining and quarrying

Įvertinto modelio paklaida pakankamai žema – $l = 1,16\%$; determinacijos koeficientas rodo aukštą modelio adekvatumą – $R^2 = 0,93$, o Durbin-Watson statistika parodo, kad gauto modelio paklaidos nėra autokorteliuotos $DW = 2,48$.

$$P_{GC}(t) = \underset{23,376}{72,073} + \underset{7,196}{2,258 \cdot 10^{-6}} X_{8C}(t-1) + \underset{5,482}{2,675 \cdot 10^{-6}} X_{4C}(t-1). \quad (3.49)$$

Čia P_{GC} – gamintojų parduotos pramonės produkcijos apdirbamojoje gamyboje kainų indeksas, Y_{8C} – parduota pramonės produkcija apdirbamojoje gamyboje, X_{4C} – tiesioginės užsienio investicijos apdirbamojoje gamyboje.



3.16 pav. Gamintojų parduotos pramonės produkcijos apdirbamojoje gamyboje kainų indekso modeliavimo rezultatai

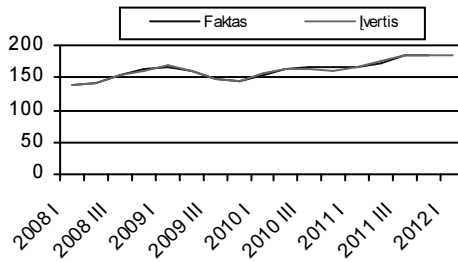
Fig. 3.16. Results of modelling of the producer price index in manufacturing

Įvertinto modelio paklaida pakankamai žema – $l = 0,77 \%$; determinacijos koeficientas rodo aukštą modelio adekvatumą – $R^2 = 0,97$, o Durbin-Watson statistika parodo, kad gauto modelio paklaidos nėra autokorteliuotos $DW = 1,85$.

$$P_{GD}(t) = 41,284 - 1,587 X_{1D}(t-1) + 0,610 P_{exp}(t-2) + 1,550 \cdot 10^{-5} X_{8D}(t-2) + 9,961 \cdot 10^{-7} X_7(t-2) - 0,003 V_n(t-4). \quad (3.50)$$

3,652
-5,093
7,530
2,828
8,371
-3,798

Čia P_{GD} – gamintojų parduotos pramonės produkcijos elektros, dujų, garo tiekimo ir oro kondicionavimo veiklose kainų indeksas, X_{1D} – užimtųjų skaičius elektros, dujų, garo tiekimo ir oro kondicionavimo veiklose, P_{exp} – eksporto kainų indeksas, X_{8D} – parduota pramonės produkcija elektros, dujų, garo tiekimo ir oro kondicionavimo veiklose, X_7 – nuosavas kapitalas, V_n – namų ūkių vartojimo išlaidos.



3.17 pav. Gamintojų parduotos pramonės produkcijos elektros, dujų, garo tiekimo ir oro kondicionavimo veiklose kainų indekso modeliavimo rezultatai

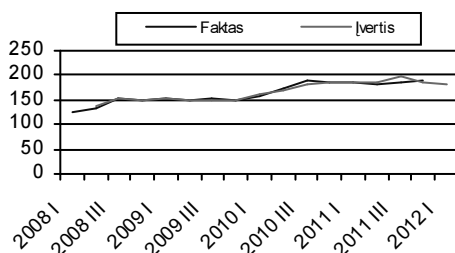
Fig. 3.17. Results of modelling of the producer price index in electricity, gas, steam and air conditioning supply

Įvertinto modelio paklaida pakankamai žema – $l = 1,06 \%$; determinacijos koeficientas rodo aukštą modelio adekvatumą – $R^2 = 0,99$, o Durbin-Watson statistika parodo, kad gauto modelio paklaidos nėra autokorteliuotos $DW = 1,97$.

$$P_{GE}(t) = 5,116 \cdot 10^{-18} \cdot P_{GE}^{0,314}(t-2) \cdot W_E^{5,835}(t-1) \cdot P_{exp}^{-0,704}(t-4). \quad (3.51)$$

-3,658
2,489
4,010
-6,809

Čia P_{GE} – gamintojų parduotos pramonės produkcijos vandens tiekimo, nuotekų valymo, atliekų tvarkymo ir regeneravimo veiklose kainų indeksas, X_{1D} – užimtųjų skaičius elektros, dujų, garo tiekimo ir oro kondicionavimo veiklose, P_{exp} – prekių ir paslaugų eksportas, W_E – vidutinis mėnesinis bruto darbo užmokestis vandens tiekimo, nuotekų valymo, atliekų tvarkymo ir regeneravimo veiklose.



3.18 pav. Gamintojų parduotos pramonės produkcijos vandens tiekimo, nuotekų valymo, atliekų tvarkymo ir regeneravimo kainų indekso modeliavimo rezultatai

Fig. 3.18. Results of modelling of the producer price index in water supply; sewerage; waste management and remediation activities

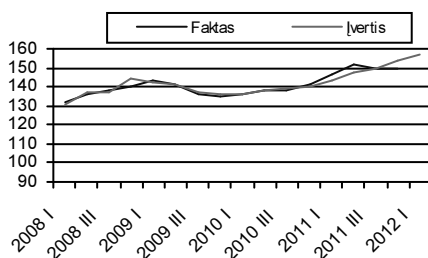
Įvertinto modelio paklaida – $l = 2,05\%$; determinacijos koeficientas rodo aukštą modelio adekvatumą – $R^2 = 0,96$, o Durbin-Watson statistika parodo, kad gauto modelio paklaidos nėra autokorteliuotos $DW = 1,83$.

Toliau vertintos 12 grupių suderinto vartotojų kainų indeksų lygtys. Čia pateikiamos trijų grupių, kurių didžiausias svoris vertinant SVKI, lygtys. Visų parduotų prekių ar paslaugų kainų indeksas apskaičiuojamas agreguojant įvertintus 12 grupių kainų indeksus pagal Laspeireso formulę (naudojant bazinius svorius).

$$P_{VM}(t) = 1,988 \cdot P_G^{0,862}(t-1) \cdot V_v^{-0,281}(t-1) \cdot W^{0,319}(t-3). \quad (3.52)$$

$\begin{matrix} 1,562 & 11,829 & -2,822 & 4,798 \end{matrix}$

Čia P_{VM} – suderinto vartotojų kainų maisto ir nealkoholinių gėrimų grupės indeksai, P_G – gamintojų parduotos pramonės produkcijos kainų indeksas, V_v – valdžios sektoriaus vartojimo išlaidos, W – vidutinis mėnesinis bruto darbo užmokestis.



3.19 pav. Suderinto vartotojų kainų maisto ir nealkoholinių gėrimų grupės indekso modeliavimo rezultatai

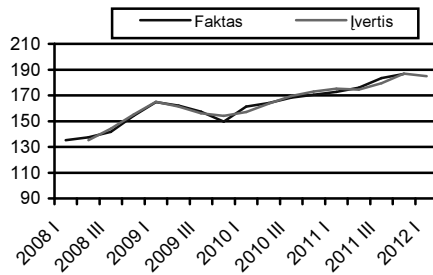
Fig. 3.19. Results of modelling of the harmonised consumer price index of the food and non-alcoholic beverages

Įvertinto modelio paklaida pakankamai žema – $l = 0,93$ %; determinacijos koeficientas rodo aukštą modelio adekvatumą – $R^2 = 0,97$, o Durbin-Watson statistika parodo, kad gauto modelio paklaidos nėra autokorteliuotos $DW = 1,64$.

$$P_{VB}(t) = 4,858 \cdot 10^{-13} \cdot P_{GB}^{0,583}(t-1) \cdot P_{im}^{-0,356}(t-4) \cdot PB^{-0,161}(t-1) \cdot W_D^{4,212}(t-1). \quad (3.53)$$

$\begin{matrix} -3,773 & & 3,494 & & -3,229 & & -2,325 & & 4,063 \end{matrix}$

Čia P_{VB} – suderinto vartotojų kainų būsto, vandens, elektros, dujų ir kito kuro grupės indeksai, P_G – gamintojų parduotos pramonės produkcijos kainų indeksas elektros, dujų, garo tiekimo ir oro kondicionavimo veiklose, P_{im} – importo kainų indeksas, $PB(t)$ – pinigų bazė, W_D – vidutinis mėnesinis bruto darbo užmokestis elektros, dujų, garo tiekimo ir oro kondicionavimo veiklose.



3.20 pav. Suderinto vartotojų kainų būsto, vandens, elektros, dujų ir kito kuro grupės indekso modeliavimo rezultatai

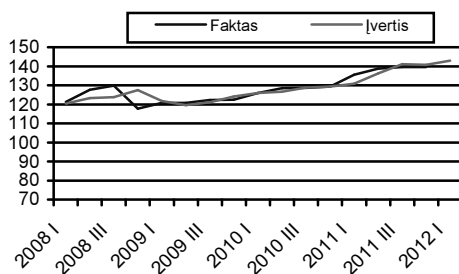
Fig. 3.20. Results of modelling of the harmonised consumer price index of the housing, water, electricity, gas and other fuels

Įvertinto modelio paklaida pakankamai žema – $l = 1,16$ %; determinacijos koeficientas rodo aukštą modelio adekvatumą – $R^2 = 0,97$, o Durbin-Watson statistika parodo, kad gauto modelio paklaidos nėra autokorteliuotos $DW = 2,29$.

$$P_{VT}(t) = 4,318 \cdot P_{im}^{0,725}(t-1) \cdot V_v^{-0,585}(t-1) \cdot W^{0,640}(t-3). \quad (3.54)$$

$\begin{matrix} 1,928 & & 8,407 & & -3,532 & & 5,597 \end{matrix}$

Čia P_{VT} – suderinto vartotojų kainų transporto grupės indeksai, P_{im} – importo kainų indeksas, V_v – valdžios sektoriaus vartojimo išlaidos, W – vidutinis mėnesinis bruto darbo užmokestis.



3.21 pav. Suderinto vartotojų kainų transporto grupės indekso modeliavimo rezultatai
Fig. 3.21. Results of modelling of the harmonised consumer price index of the transport

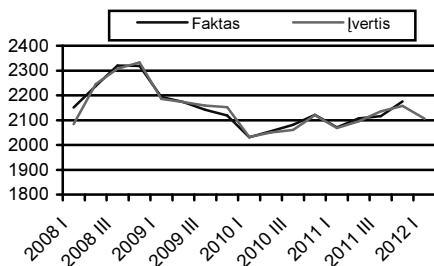
Įvertinto modelio paklaida pakankamai žema – $l = 1,07\%$; determinacijos koeficientas rodo aukštą modelio adekvatumą – $R^2 = 0,89$, o Durbin-Watson statistika parodo, kad gauto modelio paklaidos nėra autokorteliuotos $DW = 2,04$.

Pajamos. Įvertinta vidutinio mėnesinio bruto darbo užmokesčio modelio lygtis:

$$W(t) = 522,874 + 0,806 \cdot W(t-1) - 5,409 \cdot P_V(t-2) + 1,675 \cdot 10^{-5} \cdot X_4(t-1). \quad (3.55)$$

6,139
15,400
-6,097
5,285

Čia W – vidutinis mėnesinis bruto darbo užmokestis, P_V – suderinto vartotojų kainų indeksai, X_4 – tiesioginės užsienio investicijos.



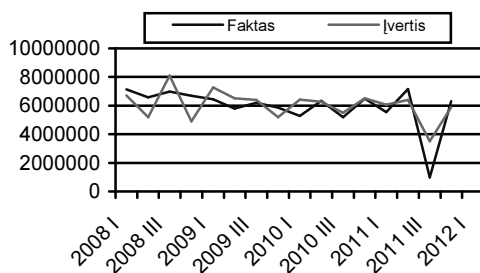
3.22 pav. Vidutinio mėnesinio bruto darbo užmokesčio modeliavimo rezultatai
Fig. 3.22. Results of modelling of the average monthly earnings

Įvertinto modelio paklaida pakankamai žema – $l = 0,55\%$; determinacijos koeficientas rodo aukštą modelio adekvatumą – $R^2 = 0,97$, o Durbin-Watson statistika parodo, kad gauto modelio paklaidos nėra autokorteliuotos $DW = 2,15$.

Valstybinio socialinio draudimo senatvės pensijos modeliavimui buvo naudotas ASETAR metodas.

$$B(t) = \begin{cases} 2,933 \cdot B_{0,619}^{0,929} \cdot B_{8,018}(t-1) \\ 3,333 \cdot 10^7 \cdot B_{7,049}^{-0,114} \cdot B_{-0,718}(t-1) \end{cases}. \quad (3.58)$$

Čia B – nacionalinio biudžeto pajamos.



3.25 pav. Nacionalinio biudžeto pajamų modeliavimo rezultatai

Fig. 3.25. Results of modelling of the national budget revenue

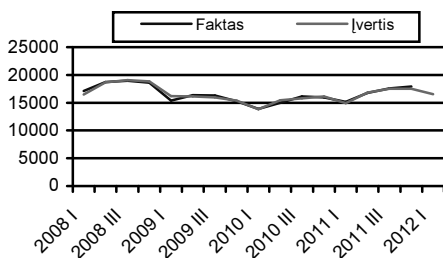
Įvertinto modelio paklaida – $l = 9,80$ %; slenksčio kintamojo reikšmė – $r = 5523211,26$, o poslinkio parametras $d = 1$.

Prekyba. Įvertintų namų ūkių vartojimo išlaidų modelio lygtis:

$$V_n(t) = 3332,167 + 1,049 V_n(t-1) - 2,386 W(t-2) + 4,881 \cdot X_{10}(t-2). \quad (3.59)$$

2,241
11,536
-3,847
2,880

Čia V_n – namų ūkių vartojimo išlaidos, W – vidutinis mėnesinis bruto darbo užmokestis, X_{10} – darbo pajamos iš užsienio.



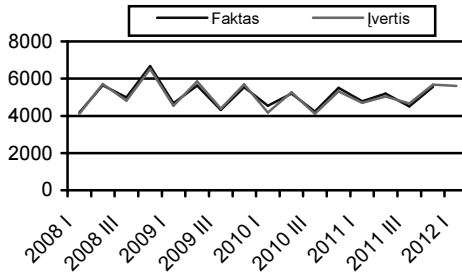
3.26 pav. Namų ūkių vartojimo išlaidų modeliavimo rezultatai

Fig. 3.26. Results of modelling of the household consumption expenditure

Įvertinto modelio paklaida – $l = 1,69$ %; determinacijos koeficientas rodo aukštą modelio adekvatumą – $R^2 = 0,90$, o Durbin-Watson statistika parodo, kad gauto modelio paklaidos nėra autokorteliuotos $DW = 1,53$.

$$V_v(t) = \underset{1,371}{782,678} + \underset{6,704}{3,704 \cdot 10^4} B(t-3) + \underset{3,574}{0,172} PB(t-1). \quad (3.60)$$

Čia V_v – valdžios sektoriaus vartojimo išlaidos, B – nacionalinio biudžeto pajamos, PB – pinigų bazė.

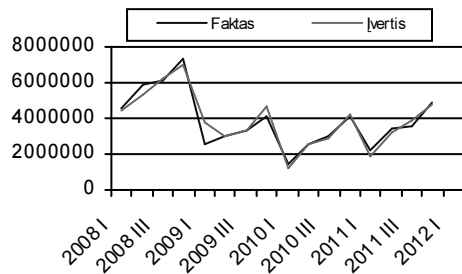


3.27 pav. Valdžios sektoriaus vartojimo išlaidų modeliavimo rezultatai
Fig. 3.27. Results of modelling of the general government consumption expenditure

Ivertinto modelio paklaida – $l = 3,07 \%$; determinacijos koeficientas rodo aukštą modelio adekvatumą – $R^2 = 0,81$, o Durbin-Watson statistika parodo, kad gauto modelio paklaidos nėra autokorteliuotos $DW = 1,81$.

$$X_3(t) = \begin{cases} \underset{1,539}{2,951} \cdot \underset{19,138}{X_3^{0,927}}(t-1) \\ \underset{2,875}{17,951} \cdot \underset{8,608}{X_3^{1,450}}(t-1) \cdot \underset{-3,601}{X_3^{-0,639}}(t-2) \end{cases} \quad (3.61)$$

Čia X_3 – materialinės investicijos.

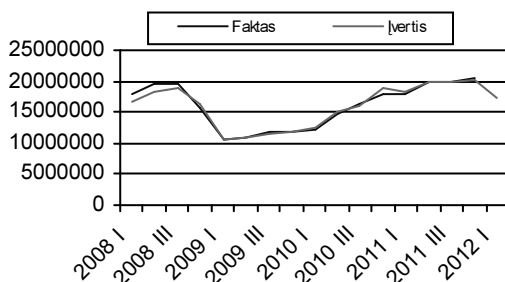


3.28 pav. Materialinių investicijų modeliavimo rezultatai
Fig. 3.28. Results of modelling of the investment in tangible fixed assets

Ivertinto modelio paklaida – $l = 5,88 \%$; slenksčio kintamojo reikšmė – $r = 2884522,69$, o poslinkio parametras $d = 1$.

$$IM(t) = \underset{1,627}{4,082 \cdot 10^6} - \underset{-11,893}{2141,893} V_n(t-4) + \underset{4,373}{3543,818} V_v(t-1) + \underset{11,818}{0,844} X_4(t-1). \quad (3.62)$$

Čia IM – importas, V_n – namų ūkių vartojimo išlaidos, V_v – valdžios sektoriaus vartojimo išlaidos, X_4 – tiesioginės užsienio investicijos.



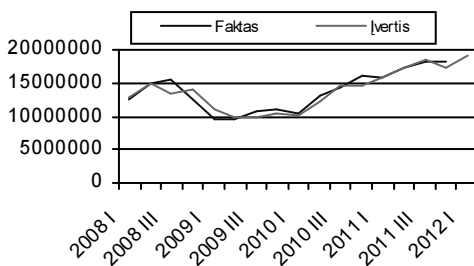
3.29 pav. Importo modeliavimo rezultatai

Fig. 3.29. Results of modelling of the import

Įvertinto modelio paklaida – $l = 2,16$ %; determinacijos koeficientas rodo aukštą modelio adekvatumą – $R^2 = 0,95$, o Durbin-Watson statistika parodo, kad gauto modelio paklaidos nėra autokorteliuotos $DW = 1,71$.

$$EX(t) = \underset{3,420}{1,410 \cdot 10^8} - \underset{-3,759}{2790,211} V_v(t-1) + \underset{9,016}{2,428 \cdot 10^5} P_{exp}(t-1) - \underset{-3,558}{2,910 \cdot 10^7} \bar{\xi}_{LV}(t-3). \quad (3.63)$$

Čia EX – prekių ir paslaugų eksportas, V_v – valdžios sektoriaus vartojimo išlaidos, P_{exp} – eksporto kainų indeksas, $\bar{\xi}_{LV}$ – lito ir Latvijos lato santykis.



3.30 pav. Eksporto modeliavimo rezultatai

Fig. 3.30. Results of modelling of the export

Įvertinto modelio paklaida – $l = 4,59$ %; determinacijos koeficientas rodo aukštą modelio adekvatumą – $R^2 = 0,97$ o Durbin-Watson statistika parodo, kad gauto modelio paklaidos nėra autokorteliuotos $DW = 1,94$.

3.2. Siūlomos metodikos ir klasikinių modeliavimo metodų palyginimas

Vienas iš disertacinio darbo uždavinių buvo įvertinti teikiamos metodikos naudą sukurtų ekonominių indikatorių modelio lygčių bei apskaičiuotų prognozių tikslumui padidinti.

Atlikus Lietuvos makroekonominių, verslo statistikos, finansinių indikatorių laiko eilučių grafinę, koreliacinę, regresinę (naudojant kategorinius kintamuosius), spektrinę bei laiko eilučių analizes, nustatyta, kad daugumos Lietuvos ekonominių indikatorių sezoniniai svyravimai pakankamai reikšmingi, taip pat yra nemažas kiekis išsiskiriančių reikšmių. Analizuotos ekonominių indikatorių laiko eilutės buvo modeliuotas taikant disertaciniame darbe teikiamą metodiką ir paraleliai – taikant įprastus laiko eilučių modeliavimo metodus.

Disertaciniame darbe teikiamas metodas leido sumažinti ekonominių indikatorių modelių paklaidas ir taip pagerinti sudaromų modelių ir apskaičiuojamų prognozių tikslumą bei tvarumą. Gauti modelių paklaidų rezultatai pateikti 3.3 lentelėje.

Pagal įvertintas modelio lygtis apskaičiuojamos trumpalaikės prognozės. Apskaičiuotos pagrindinių indikatorių prognozių santykinės absoliutinės paklaidos pateiktos 3.2 lentelėje.

3.2 lentelė. Pagrindinių modelio indikatorių santykinės absoliutinės prognozės paklaidos, proc.

Table 3.2. Relative absolute errors of main model indicators forecasts, pct.

Paklaida	X_2	X_1	Y	P_G	P_V	W	B	D
Vidutinė santykinė absoliutinė paklaida	0,16	1,02	3,50	1,09	0,65	4,09	7,15	6,86

3.3. Priemonės šalies ūkio pokyčių analizei

Vienas iš šiame darbe iškeltų tikslų buvo sukurti programines priemones, kurios, naudojant pirmines prielaidas, leistų vertinti šalies ekonomikos tendencijas ir apskaičiuoti vedančiųjų ekonominių indikatorių prognozes. Todėl buvo sukurtos dvi programinės priemonės, kurios realizuotos MSExcel pagalba:

- ekonominių indikatorių kitimo įtakos Lietuvos ekonomikos būsenos ir perspektyvos (SARv2.0.XLS),
- ekonominių indikatorių trumpalaikių ir vidutinio ilgumo prognozių skaičiavimui (LMRM).

SARv2.0.XLS – programinė priemonė, skirta konkrečių prekių ar paslaugų grupių kainų pokyčių pirminių poveikių suderintam vartotojų kainų indeksui vertinimui. Trumpu laikotarpiu, infliaciją nulemiančius veiksnius galima suskirstyti į paklausos ir sąnaudų grupes. Todėl, kainų pokyčių įtakos analizei, integruota Lietuvos statistikos departamento sudaryta sąnaudų – produkcijos lentelė. Šioje lentelėje parodomas, prekių ir paslaugų vartojimas (pagal ekonominės veiklos rūšis), galutinis vartojimas, bendrasis kapitalo formavimas ir eksportas. Naudojantis sąnaudų – produkcijos lentelės duomenimis buvo nustatytos 61 sąnaudų grupės, kurios gali įtakoti bendrą šalies kainų lygį.

SARv2.0.XLS programinės priemonės pagalba nesudėtingai įvertinamas įvairių sąnaudų kainų pokyčių poveikis galutinio vartojimo kainoms, nustatomi atskirų vartojimo prekių ir paslaugų grupių ir bendro SVKI galutiniai pokyčiai. Priemonė sukurta pirminei ir antrinei žaliavų, gamybos, naftos produktų, komunalinių paslaugų, prekybos, transporto, ryšių ir kitų sąnaudų kainų pokyčių įtakai maisto produktų ir nealkoholinių gėrimų, alkoholinių gėrimų ir tabako gaminių, drabužių ir avalynės, būsto, vandens, elektros, dujų ir kito kuro, būsto apstatymo, namų ūkio įrangos ir kasdieninės priežiūros, sveikatos, transporto, ryšių, poilsio ir kultūros, švietimo, restoranų ir viešbučių, įvairių prekių ir paslaugų SVKI grupėms vertinti.

Naudojant SARv2.0.XLS galima nesudėtingai įvertinti kokią pirminę ir antrinę įtaką turės visam SVKI ir/ar atskiroms grupėms pavyzdžiui, kylančios kuro kainos, brangstanti elektra, dujos ar žemės ūkio produkcija.

Kainų pokyčių įtaka vertinama naudojant konkrečios ekonominės veiklos rūšies sąnaudų svorius, kurie apskaičiuoti pagal, Lietuvos Statistikos Departamente sudarytą sąnaudų – produkcijos lentelę. SVKI apskaičiuojamas naudojant svartinį agregavimą.

$$Y(t) = \sum_{k=1}^{12} \sum_i \frac{x_{ij}}{\sum_j x_{ij}} I_i w_k. \quad (3.64)$$

Čia x_{ij} – j -tosios veiklos sąnaudos i -tojoje veikloje, I_i – sąnaudų i -tojoje veikloje kainų indeksas, w_k – SVKI prekių ir paslaugų grupės svoris.

	A	B	D	E Formu
1	SVKI grupė	Sąnaudų grupė	Sąnaudos	Pabrangimas (procentais)
2		Žaliavos		
49		Gamyba		
382		Naftos produktai		
383	7. Transportas	Naftos produktai	Automobilių degalų mažmeninė prekyba	0,000
395	7. Transportas	Naftos produktai	Kokso, rafinuotų naftos produktų ir branduolinio kuro gamyba	0,000
407		Komunalinės paslaugos		
408	4. Bustas, vanduo, elektra,	Komunalinės paslaugos	Dujos	0,000
419	4. Bustas, vanduo, elektra,	Komunalinės paslaugos	Elektra	0,000
431	4. Bustas, vanduo, elektra,	Komunalinės paslaugos	Garas ir karštas vanduo	0,000
443	4. Bustas, vanduo, elektra,	Komunalinės paslaugos	Nuotekų ir atliekų šalinimo, sanitarinių sąlygų užtikrinimo ir pa	0,000
455	4. Bustas, vanduo, elektra,	Komunalinės paslaugos	Vandens rinkimas, valymas ir paskirstymas	0,000
467		Prekyba		
492		Ryšiai		
517		Transportas		
627		Kita		
955				
956				
957				
958				
960				
961				
962				

3.31 pav. Ekonominių indikatorių kitimo įtakos programinė priemonė
Fig. 3.31. Application window for estimation of the economic indicators changes

Programinė priemonė LMRM sukurta šalies ekonomikos tendencijų ir ekonominių indikatorių visumos vienalaikiam prognozių vertinimui, skirtingų scenarijų kūrimui. Trumpalaikes prognozes galima apskaičiuoti naudojant pirmines prielaidas arba be jų.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Prognozuoti		2012	2012	2012	2012	2013	2013
2			I	II	III	IV	I	II
3	PRIDĖTINĖ VERTĖ, to meto kainomis							
4	PV_A		479,6	703,6	2311,8	578,7	495,1	829,6
5	PV_B		81,8	110,7	121,9	95,3	86,5	121,8
6	PV_C		4959,9	5084,1	5694,6	5645,4	5392,4	5366,6
7	PV_D		1115,8	563,4	586,1	697,6	1110,5	569,3
8	PV_E		232,2	245,6	272,3	242,4	235,9	236,1
9	PV_F		1003,1	1574,5	1909,3	1644,5	1001,8	1757,5
10	PV_G		3965,4	4825,3	5107,9	5178,2	4312,5	5013,0
11	PV_H		2892,5	3378,6	3508,5	3530,2	3136,4	3548,0
12	PV_I		261,2	349,6	405,5	335,5	251,9	347,9
13	PV_J		744,0	813,9	827,8	816,1	799,5	825,4
14	PV_K		604,2	619,7	557,2	505,4	603,9	685,1
15	PV_L		1440,5	1435,7	1463,4	1524,4	1462,1	1516,9
16	PV_M		752,2	868,9	893,6	960,4	785,8	931,5
17	PV_N		469,7	559,2	613,1	573,5	483,6	584,3
18	PV_O		1462,4	1507,2	1474,0	1525,3	1522,2	1626,4
19	PV_P		1154,7	1527,6	782,1	1168,3	1117,0	1539,0
20	PV_Q		866,6	851,4	867,4	904,1	861,4	876,2
21	PV_R		211,7	215,7	226,8	237,6	223,2	224,9
22	PV_S		193,4	231,3	220,8	225,2	190,9	227,1
23	PV_T		21,9	22,1	22,2	22,7	22,7	22,9
24	PV_VISO		22912,6	25488,1	27866,5	26410,7	24095,4	26849,5
25	Pridėtinė vertė, grandininė apimtis		17135,8	18502,7	20667,4	19583,0	17727,1	19212,4
26	Kainos							

3.32 pav. Ekonominių indikatorių trumpalaikių ir vidutinio ilgumo prognozių vertinimo programinė priemonė

Fig. 3.32. Application window of estimation of the short-term and medium-term forecasts of the economic indicators

Naudojant programinę priemonę LMRM prognozuojami šie ekonominiai indikatoriai:

- Bendroji pridėtinė vertė, to meto kainomis, pagal EVRK 21 veiklą;
- Bendrosios pridėtinės vertės grandininė apimtis;
- Gamintojų parduotos pramonės produkcijos indeksas, pagal EVRK;
- Suderintas vartotojų kainų indeksas, pagal 12 vartojimo prekių ir paslaugų grupių;
- Importo kainų indeksas;
- Eksporto kainų indeksas;
- Namų ūkių vartojimo išlaidos;
- Valdžios sektoriaus vartojimo išlaidos;

- Materialinės investicijos;
- Importas;
- Eksportas;
- Užimtumas, dirbtomis valandomis (vidaus koncepcija), pagal EVRK 21 veiklą;
- Užimtumas (vidaus koncepcija), pagal EVRK 21 veiklą;
- Vidutinis mėnesinis darbo užmokestis;
- Valstybinė socialinio draudimo vidutinė mėnesinė senatvės pensija;
- Įmonių pardavimo pajamos;
- Nacionalinio biudžeto pajamos;
- Tiesioginės užsienio investicijos.

Įvedus turimus ekonominių indikatorių duomenis ar prielaidas ir pažymėjus indikatorius ir laikotarpius, kuriems norime apskaičiuoti prognozes reikia paleisti programos vykdymą, mygtuko „Prognozuoti“ pagalba (3.6 pav.). Paspaudus, aktyvuojasi makrokomanda, kuri pateiks pasirinktų ekonominių indikatorių prognozes. Vėliau įvertintas prognozes galima išsaugoti, o esant poreikiui ar atsiradus naujoms atitinkamų indikatorių reikšmėms ar prielaidoms, prognozes galima ištrinti arba pakeisti.

3.4. Trečiojo skyriaus išvados

1. Norint patikrinti darbe pateiktų siūlymų praktinį pritaikymą, buvo atlikti empiriniai tyrimai Lietuvos atveju. Skyriuje pateikti šalies pagrindinių ekonominių indikatorių praktinio modeliavimo, pagal antrame skyriuje aprašytą metodiką, rezultatai. Praktiniai rezultatai parodė, kad siūloma metodika leidžia pakankamai tiksliai vertinti šalies ekonominius procesus, nes gauta vidutine santykinė absoliutine paklaida 2,7 proc. Todėl metodiką tikslinga taikyti šalies ekonomikos būsenos ir perspektyvos modeliavimui, analizavimui bei savalaikiam prognozių skaičiavimui.
2. Nedidelės paklaidos (vidutinė modelio lygčių paklaida lygi 2,7 proc., ekonominės perspektyvos – 3,1 proc.) įrodo, kad sukurtas šalies ekonomikos indikatorių dinamikos modelis gali būti taikomas patikimai šalies ekonominei būklei tirti ir vertinti, kiekybinei ekonominių indikatorių analizei atlikti, tolesnei ekonomikos perspektyvai prognozuoti.
3. Modeliuojant Lietuvos gamybos indikatorius, naudojant gamybos funkcijos veiksnius, ne visoms ekonominėms veiklos rūšims pavyksta gauti patikimus rezultatus – paklaidos atskirose ekonominėse veiklose siekia 10 proc. Tai gali sąlygoti nepakankama statistinė informacija matuojanti ekonominius procesus bei kiti Lietuvos ekonomikos ypatumai. Įtraukiant į gamybos

funkciją papildomus regresorius gautos modelio lygtys pakankamai tiksliai aprašo (vidutinė santykinė absoliutinė paklaida lygi 1 proc.) pridėtinės vertės empirinius duomenis bei pagerina prognozių tikslumą.

4. Sukurtos originalios programinės priemonės šalies ūkio pokyčių analizei atlikti leidžia nustatyti pagrindinių ekonominių indikatorių pokyčius, priklausomai nuo juos sąlygojančių pokyčių, rengti šalies ekonominių procesų prognozes, kurti priklausančius nuo pirminių prielaidų scenarijus.

Bendrosios išvados

1. Išanalizavus teorines ir praktines šalies pagrindinių ekonomikos indikatorių modeliavimo prielaidas bei galimybes, modeliavimo patirtį kitose šalyse bei Lietuvoje, nustatyta, kad esamus ekonominius modelius galima taikyti tik fragmentiškai. Daugumos modelių taikymas apribotas aktualumo bei aprėpties. Išsamiai vienalaikiai šalies ūkio analizei bei ekonomikos perspektyvos vertinimui reikalingas ekonominis modelis, atitinkantis dabartinę ekonominę situaciją bei aprėpiantis visus šalies ūkio sektorius.
2. Sukurtas modelis, sudarytas iš penkių dalių: gamybos, kainų, prekybos, pajamų, bei užimtumo, apima pagrindinius šalies ekonomikos indikatorius. Modelis gali būti taikomas kompleksiniam šalies ekonomikos būklės tyrimui, kiekybinei ekonominių indikatorių analizei, ekonomikos perspektyvos vertinimui.
3. Įvairūs ekonominiai, demografiniai, socialiniai, politiniai, bei kalendoriniai pokyčiai reikšmingai įtakoja daugelio šalies ekonominių indikatorių laiko eilučių struktūrą – atsiranda pastovūs ir atsitiktiniai svyravimai, išskirtys, struktūriniai lūžiai. Atlikus pirminę pagrindinių ekonomikos indikatorių laiko eilučių analizę, buvo nustatyta, kad daugelį šalies ekonominių eilučių reikšmingai įtakoja sezoniškumas bei įvairios trukdančios komponentės – adityvios išskirtys, praeinantys pokyčiai, lygio postūmiai, reikšminga kalendoriaus įtaka. Kai kuriose laiko eilutėse stebima dispersijos

priklausomybė nuo laiko ir netiesinė elgsena. Todėl įprasti tiesiniai laiko eilučių vertinimo metodai tokių laiko eilučių modeliavimui nėra tinkami.

4. Ekonominių indikatorių modeliavimo metodų lyginamosios analizės rezultatai, naudojant modeliuotas ir realias ekonominių indikatorių laiko eilutes, įgalino pasiūlyti naujus šalies tipinių bei sudėtingos prigimties ekonominių indikatorių vertinimo ir prognozavimo metodus, kurie leidžia operatyviai apskaičiuoti trumpalaikę ir vidutinio laikotarpio ekonomikos indikatorių perspektyvą, atlikti šalies ūkio kompleksinę analizę, analizuoti įvairių ekonominių indikatorių pokyčių poveikį ir pasekmes šalies ekonominei būsenai ir perspektyvai, kurti skirtingus ekonominius scenarijus.
5. Atlikti tyrimai bei modeliavimo rezultatai parodė, kad disertacijoje teikiama modeliavimo metodika leidžia tiksliau vertinti šalyje vykstančius ekonomikos procesus, o vertinimo tikslumą įrodo sumažėjusios šalies ekonomikos indikatorių modelio lygčių paklaidos (modelio paklaida vidutiniškai sumažėjo nuo 6,0 proc. iki 2,7 proc.) bei žema vidutinė perspektyvos paklaida, kuri lygi 3 proc.
6. Sukurtos programinės priemonės leidžia kompleksiskai analizuoti šalies ūkio pagrindinių ekonomikos indikatorių pokyčius, įvertinti trumpalaikes ir vidutinio laikotarpio prognozes, kurti skirtingus ekonominius scenarijus, priklausančius nuo ekonominių prielaidų.

Literatūra ir šaltiniai

Adamopoulos, A. 2010. Stock Market and Economic Growth: An Empirical Analysis for Germany, *Business and Economics Journal* BEH-1:1–12.

Aivazian, S. A. 2001. *Essentials of Econometrics*. Volume 2. Moscow: Unity, 432 p.

Aly, H.Y. 2008. The role of government in a market economy. [žiurėta 2014 m. sausio 6 d.]. Prieiga per internetą:

<<http://econ.ohio-state.edu/Aly/docs/The%20role%20of%20government%20MS%20Article%209-27-08.pdf>>

An, S.; Schorfheise, F. 2007. Bayesian Analysis of DSGE Models, *Econometric Review, Taylor and Francis Journals*, vol. 26(2-4): 113-172.

Arrow, K. J.; Chenery, H. B.; Minhas, B. S.; Solow, R.M. 1961. Capital-labour substitution and economic efficiency, *Review of Economics and Statistics* 43: 225–250.

Arrow, K. J.; Debreu, G. 1954. Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy, *Econometrica*, vol. 22, No.3: 256–290.

Arvanitis, S.; Loukis, E. N. 2009. Information and Communication Technologies, Human Capital, Workplace Organization and Labour Productivity: A Comparative Study Based on firm-level Data for Greece and Switzerland, *Information Economics and Policy*, 20/1: 43–61.

Avdejenkova V. *Bendrojo vidaus produkto modeliavimas*. Daktaro disertacija, Vilnius, 2003, 148 p.

- Azavedo J. V. 2007. Interpretation of the Effects of Filtering Integrated Time Series. *MPRA Paper No 6574*. [žiurėta 2012 m. rugsėjo 15 d.]. Prieiga per internetą: <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/6574/>
- Bachmann, R.; Jinjui H. Bai. 2013. Public consumption over the business cycle. *Quantitative Economics* 4/3: 417–451.
- Bai, J.; P. Perron. 1998. Estimating and testing linear models with multiple structural changes, *Econometrica* 66: 47–78.
- Basdevant, O.; Kaasik, U. 2002. *The Core of a Macro-econometric model for Estonia*. Tallinn, 1–49.
- Blanchard, O. J.; Quah, D. 1989. The Dynamic Effects of Aggregate Demand and Supply Disturbances, *American Economic Association*, vol. 79(4): 655–673.
- Boldin, M.D. 1992. Using switching models to study business cycle asymmetries: Overview of methodology and application, *Research Paper no 9211*, Federal Reserve Bank of New York.
- Brockwell, P. Davis R. 1991. *Time Series– Theory and Methods*. New York.
- Bruno, M.; Easterly, W. 1998. Inflation Crises and Long-Run Growth, *Journal of Monetary Economics*, 41: 3–26.
- Budrytė, A.; Kvedaras, V. 2000. Lietuvos makroekonometrinio modelio vizija. *Pinigų studijos*, 2000/1: 5–17.
- Burgess, S.; Mawson, D. 2003. Aggregate Growth and the Efficiency of Labour Reallocation, *CEP Discussion Papers* CEPDP 0580.
- Celov, D.; Andersen, F. M.; Vilkas, E.; Grinderslev, D. 2003. A Macro-Econometric Model for Lithuania LITMOD. 105 p. [žiurėta 2010 m. vasario 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.ekm.lt/lt/strategija/doc/litmod2.pdf>,
- Chan, K.S. 1990. Testing for threshold autoregression, *Ann. Sta.*, 18: 1886–1894.
- Chang, F.; Fernandez, A. 2010. On the Sources of Aggregate Fluctuations in Emerging Economies, *NBER Working Papers 15938*, National Bureau of Economic Research.
- Charemza W.; Makarova S.; Parkhomenko V. 2002. LAM modelling of East European economies: Methodology, EU accession and privatisation. *Paper prepared for the EcoMod2002 conference on Policy Modelling*, Brussels.
- Chatfield, Ch. 2004. *The Analysis of Time Series*, USA.
- Chen, X.; Maringer, D. 2011. Detecting time-variation in corporate bond index returns: A smooth transition regression model. *Journal of Banking & Finance* 35/1: 95–103.
- Chumcero, R. A.; Schmidt-Hebbel, K. 2004. General Equilibrium Models An Overview, Working Papers Central Bank of Chile 307, Central Bank of Chile.

- Culver, S.E.; D.H. Papell. 1997. Is there a unit root in the inflation rate? Evidence from sequential break and panel data methods, *Journal of Applied Econometrics* 12: 435–444.
- Dacco, R.; Satchell, S. 1999. Why do regime – switching models forecast so badly? *Journal of Forecasting*, 18: 1–16.
- Dagum, E. B. 1988. The X-11-ARIMA/88 Seasonal adjustment Method – Foundations and Yser's Manual. Statistics Canada.
- Darby J.; Ireland J.; Leith C. 1999. Wren-Lewis S. COMPACT: a rational expectations, intertemporal model of the United Kingdom economy. *Economic Modelling*, 16: 1–52.
- DeJong, D. N.; Dave, C. 2007. *Structural Macroeconometrics*, Princeton, N.J: Princeton University Press, 338 p.
- Demertzis M.; Els P.; Peeters M. 2002. *EUROMON: De Nederlandsche Bank's Multi-Country Model*, p. 34.
- Dijk D.; Siliverstovs B. 2003. Forecasting industrial production with linear, nonlinear, and structural change models. *Economic Institute report EI 2003-16*, JAV.
- Economic models at the bank of England*. 1999. Bank of England.
- Emerson, J.; Chihwa K. 2006. Testing for structural change in panel data: GDP growth, consumption growth, and productivity growth. *Economics Bulletin*, Vol. 3, No. 14: 1–12.
- European Central Bank. 2004. The new EU member states convergence and stability, Third ECB central banking conference.
- Fernandez-Villaverde, J. 2010. The econometrics of DSGE models, Series, Spanish Economic Association. Vol. 1(1): 3–49.
- Gomez, V.; Maravall, A. 1997. Program TRAMO and SEATS: Instructions for the User, Beta Version. Banco de Espana.
- Feng, H.; Liu, J. A. 2002. SETAR Model for Canadian GDP: Non-linearities and Forecast Comparisons. *Working Paper EWP 0206*, University of Victoria.
- Findley, D. F.; Monsell, B. C.; Irkt. 1998. New Capabilities and Methods of the X-12-ARIMA Seasonal Adjustment Program. *Journal of Business and Economic Statistics*, 16.
- Forteza, A.; Rama M. 2002. *labour Market Rigidity and the Success of Economic Reforms across More Than One Hundred Counties*. Washington: World Bank. P. 50.
- Franses, P.H.; van Dijk, D. 2000. *Non-Linear Time Series Models in Empirical Finance*, Cambridge University press, Cambridge.
- Francis, N.; Ramsey, V. 2004. The Source of Historical Economic Fluctuations: An Analysis using Long-Run Restrictions, NBER Chapters in: NBER International Seminar on Macroeconomics 2004: 17–73.

Fry, R.; Pagan, A. 2011. Sign Restrictions in Structural Vector Autoregression: A Critical review, *Journal of Economic Literature*, American Economic Association, vol. 49(4): 938–960.

Gilmore, A.; O'Donnell, A.; Carson, D.; Cummins, D. 2003. factors Influencing Foreign Direct Investment and International Joint Ventures – a Comparative Study of Northern Ireland and Bahrain, *International Marketing Review*, 20(2):195–215.

Ginevičius, R.; Podvezko, V. 2009. Evaluating the Changes in Economic and Social development of Lithuanian Countries by Multiple Criteria Methods, *Technological and Economic Development of Economy*, 15(3): 418–438.

Greenwood, J.; Jovanovic, H. 1990. Financial Development, Growth and the distribution of Income, *Journal of Political Economy*, 98:1076–1107.

Gregorio, D.J.; Guidotti, P.E. 1995. Financial Development and Economic Growth, *World Development*, 23(3): 433–448.

Gruss, B.; Mertens, K. 2009. Regime Switching Interest Rates and Fluctuations in Emerging Markets, *Economics Working Papers ECC2009/22*, European University Institute.

Gust, C.; Marquwz, J. 2004 International Comparison of Productivity Growth: the Role of Information Technology and Regulatory Practices, *Labour Economics*, 11: 33–58.

Hagen, J.; Traistaru-Siedschlag, I. 2006. Macroeconomic Adjustment in the New EU Member States, *SUERF Studies*, The European Money and Finance Forum, 2006/4.

Hansen, E.H. 1999. Testing for linearity. *Journal of Economic Surveys*, 13(5):551–575.

Heijdra, J.; Ploeg, F. 2002: *Foundations of modern macroeconomics* // New York.

Intriligator, M.D. 1983. Economic and econometric models, *Handbook of Econometrics*. Elsevier, edition 1, volume1, chapter 3, p. 181–221.

Yang, W. K.; Dongkoo, Ch., Geung-Hee, L. 1998. A Macroeconometric Model of the Korean Economy. *Economic Papers*, 1: 1–72.

Jakaitienė, A.; Kalinauskas, Ž. 2003. Lietuvos ekonomikos augimo prognozavimas trumpu laikotarpiu. *Pinigų studijos*, 2003/3: 79–100.

Johnson, R. 2001. Fiscal Reaction Rules in Numerical Macro Models. *Research Division Paper of Federal Reserve Bank of Kansas City*, 01-01: 1–38.

Josifidis, K.; Allegret, J. P.; Gimet, C., Beke, E. 2013. The impact of excess reserves beyond precautionary levels on Bank Lending Channels in China. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money* 26: 358–377,

Jurgutytė, J. 2006. Lithuania's Track to the Euro and the Endogeneity Hypothesis, *Baltic journal of Economics*, vol. 6, 1: 53–70.

Kalinauskas, Ž.; Tamošiūnas, R. 2000. Lietuvos ekonomikos taikomas bendrosios ekonominės pusiausvyros modelis. *Pinigų studijos*, 1: 40–62.

Kaminskienė, B.; Avdejenkova, V. 2003. Bendrojo vidaus produkto išankstinis vertinimas. *Pinigų studijos*, 2003/3: 14–34.

Karpavičius, S. 2006. Emigracijos poveikis Lietuvos ekonomikai. *Pinigų studijos*, 2006/2: 21–40.

Karpaičius, S. 2008. Kalibruotas Lietuvos ekonomikos dinaminis stochastinis bendrosios pusiausvyros modelis. *Pinigų studijos*, 2/2008: 22–46

Keynes, J. M. 1936. The general theory of employment, interest and money. London: Macmillan.

King, R. G.; Plosser, C. I.; Stock, J. H.; Watson, M. W. 1991. Stochastic trends and Economic Fluctuations, *American Economic Review*, American Economic Association, vol. 81(4): 819–840.

Kydland, F. E.; Prescott, E. C. 1982. Time to Build and Aggregate Fluctuations, *Econometrica*, Econometric Society, vol. 50(6): 1345–1370.

Kuodis R.; Vetlov I. 2002. Pinigų politikos poveikio mechanizmas Lietuvoje. *Pinigų studijos*, 2002/3: 27–63.

Kuodis, R.; Mačiulis, N. 2005. Valiutų krizių prognozavimas: teoriniai ir praktiniai aspektai, *Pinigų studijos*, 2005/1.

Kvedaras, V. 2004. *Integracijos į Europos Sąjungą pasekmių Lietuvos ūkiui makroekonometrinis modeliavimas*. Daktaro disertacija, Vilnius, 137 p.

Kvedaras, V.; Rudzkiš, R. 2000. Lietuvos eksporto matematinis modeliavimas ir prognozavimas. *Lietuvos matematikos rinkinys*, T. 4 (spec. numeris), Vilnius: MII, 2000: 296–303.

Ladiray D., Quenneville B. 2001. Seasonal Adjustment with the X-11 Method, *Lecture Notes in Statistics*, New York.

Lietuvos ekonomikos matematiniai modeliai ekonomikos procesams prognozuoti (LEMM). 2003. Projektas konkursui pagal programą „Prioritetinės Lietuvos mokslinių tyrimų ir eksperimentinės plėtros kryptys“. Vilniaus universitetas, Matematikos ir informatikos institutas, Ekonomikos institutas.

Lietuvos ekonomikos matematiniai modeliai makroekonominiams procesams prognozuoti (LEMM). Ataskaita. 2004. Vilniaus universitetas, Matematikos ir informatikos institutas, Ekonomikos institutas.

Lietuvos ekonomikos matematiniai modeliai makroekonominiams procesams prognozuoti (LEMM). Metinė ataskaita. 2005. Vilniaus universitetas, Matematikos ir informatikos institutas, Ekonomikos institutas.

Lietuvos ekonomikos matematiniai modeliai makroekonominiams procesams prognozuoti (LEMM). 2006 metų galutinė ataskaita. 2006. Vilniaus universitetas, Matematikos ir informatikos institutas, Ekonomikos institutas.

Levine P.; Pearlman, J.; Perendia, G.; Yang, B. 2010, Endogenous Persistence in a Estimated DSGE Model under Imperfect Information, *Discussion Papers in Economics*, 03/10.

Lothian J., Morry M. 1978. A Set of Quality Control Statistics for the X-11-ARIMA Seasonal Adjustment Method, Working Paper 78-10-005, *Methodology Branch*, Statistics Canada, Ottawa ON, Canada.

Lucas, R. E. 2003 Macroeconomic Priorities, *American Economic Review*, American Economic Association, vol. 93(1): 1–14.

Maravall, A. 2007. Large Scale Applied Time Series Analysis with Program TSW (TRAMO-SEATS for Windows). Federal Committee on Statistical Methodology Research Conference.

Marcellino, M. 2002. Forecasting EMU macroeconomic variables IGIER Working Paper No. 3312, Italy.

Martinez, V.; Sanchez-Robles, B. 2012. Macroeconomic Stability and Growth in Eastern Europe, *Macroeconomics and Beyond: Essays in Honour of Wim Meeusen*. Belgium: Maklu. p. 310

Musgrave, J.C. 1964. A set of end weights to end all end weights. Working paper, Bureau of Census.

Perron, P.; Qu, Z. 2005. Estimating and Testing Structural Changes in Multivariate Regressions.

Proškutė A. 2012. Drivers of the Business cycle in Lithuania. *Pinigų studijos*, 2012/1: 5–27.

Proškutė, A. 2012. Causes and characteristics of business cycle in Lithuania: a structural var approach, *Ekonomika*, Nr. 91(1): 41–58.

Ramanauskas, T.; Jakaitienė, A. 2007. Namų ūkių vartojimo modeliavimas. *Pinigų studijos*, 2007/1: 25–44.

Rudzkis, R.; Vilutis, G. 1999. Makroekonometrinių svyravimų ekonometrinis modeliavimas. *Pinigų studijos*, 1999/2: 25–37.

Rudzkis, R.; Kvedaras, V. 2003. Lietuvos eksporto tendencijos ir ekonometriniai modeliai. *Pinigų studijos*, 2003/4: 29–51.

Rudzkis, R.; Kvedaras, V. 2005. A Small Macroeconometric Model of the Lithuanian Economy. *Australian Journal of Statistics*, 34/2: 185–197.

Shiskin, J.; Young, A. H.; Musgrave, J.C. 1967. The X-11 Variant of the Census Method II Seasonal adjustment program. *Technical Paper No. 15*, Bureau of Census.

Schmitt-Grohe, S.; Uribe, M. 2003. Closing small open economy models, *Journal of International Economics*, Elsevier, 61(1): 163–185.

Smets F., Wouters, R. 2003. An Estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area, *Journal of the European Economic Association*, MIT Press, 1(5): 1123–1175.

Stankūnienė V. 1995. Ekonominio nuostolio dėl Lietuvos darbo rinkos pokyčių įvertinimas. *Pinigų studijos*, 1995/2: 30–45.

Tong, H. 1990. *Non-Linear Time Series: A Dynamical Systems Approach* Oxford: Oxford University Press.

Vetlov, I. 2000. Virbickas E. Lietuvos infliacijos inercijos analizė. *Pinigų studijos*, 2000/3: 5–16.

Vetlov, I. 2001. Lietuvos ekonomikos dolerizavimo ekonometrinė analizė. *Pinigų studijos*, 2001/3: 22–44.

Vetlov, I. 2002. Lietuvos kainų kitimas ir jo veiksniai. *Pinigų studijos*, 2002/2: 24–22

Vetlov, I. 2003. Baltijos šalių ekonomikos augimo apskaita. *Pinigų studijos*, 2003/3: 14–34.

Vetlov, I. 2004. The Lithuanian block of the ECSB multi-country model. *Bank of Finland BOFIT Discussion Papers*, 2004/13, 61 p.

Vetlov, I. 2006. Lietuvos darbo rinkos lankstumas. *Pinigų studijos*, 2006/1: 5–22.

Willman, A.; Kortelainen, M.; Mannisto, H. L.; Tujula, M. 1998. The BOF5 Macroeconomic Model of Finland. Structure and Equations. *Bank of Finland discussion papers*.

Willman, A.; Kortelainen, M.; Mannisto, H. L.; Tujula, M. 2000. The BOF5 macroeconomic model of Finland, structure and dynamic microfoundations. *Economic Modelling*, 17: 275–303.

Autorės mokslinių publikacijų disertacijos tema sąrašas

Straipsniai recenzuojamuose mokslo žurnaluose

Bratčikovienė, N. 2012. Adapted SETAR model for Lithuanian HCPI time series, *Nonlinear analysis: modelling and control*. 17(1/2012): 27–46. ISSN 1392-5113. (ISI Web of Science)

Bratčikovienė, N. 2007. Changes in labour supply and demand in Lithuania. *Social research*. 1(9): 35–44. ISSN 1392-3110. (CEEOL, IndexCopernicus, EBSCO)

Bratčikovienė, N. 2005. Lietuvos gamybos rodiklių modeliavimas. *Lietuvos matematikos rinkinys*. 45, spec. nr. 2005: 400–403. ISSN 0132-2818. (CIS, MatSciNet, VINTI, Zentralblatt MATH)

Bratčikovienė, N. 2007. Šalies makroekonominių rodiklių modeliavimo ypatumai. *Lietuvos matematikos rinkinys*. T. 47, spec. nr.: 425–433. ISSN 0132-2818. (CIS, MatSciNet, VINTI, Zentralblatt MATH)

Misiūnas, A.; Bratčikovienė, N. 2007. Pajamų nelygybė ir jų normalizavimas. *Lietuvos statistikos darbai*. 46: 112-121. ISSN 1392-642X.

Misiūnas, A.; Bratčikovienė, N. 2006. Migracijos tendencijos. *Lietuvos statistikos darbai*. 2: 16–22. ISSN 1392-642X.

Straipsniai kituose recenzuojamuose mokslo leidiniuose

Bratčikovienė, N. 2008. Ekonomikos perkaitimo veiksnių vertinimas Lietuvoje. *Ekonomika ir vadyba – 2008* [Economics and management – 2008]. 2008: 453–458. ISSN 1822-6515. (EBSCO)

Bratčikovienė, N. 2006. The influence of changes in model on seasonal adjusted data. *Conference on seasonality, seasonal adjustment and their implications for short-term analysis and forecasting*. 2006: 1–5.

Bratčikovienė, N. 2005. Vartojimo prekių ir paslaugų kainos Lietuvoje ir kitose Europos Sąjungos šalyse. *Ekonomika ir vadyba: aktualijos ir perspektyvos: Ernesto Galvanausko tarptautinė mokslinė konferencija*. 5: 42-47. ISSN 1648-9098.

Summary in English

Introduction

Research problem

The models of economic indicators are created for the analysis of national and international economic process, the evaluation of prospects, the analysis of sustainability, the investigation of reactions to certain economic impulses, the identification and calibration of the economic regularities and dependencies, the generation of the necessary information for forecasting and management and for the quantitative determination of decisions taken. Such models are based on econometric and/or balance equations and identities describing the global economic behaviour.

Many countries of the world use economic models for economic analysis of country, calculation of economic indicators forecasts, checking various economic scenarios. The modelling of economic indicators is particularly well-developed in the United States of America, United Kingdom, the Netherlands, and Scandinavian countries. The modelling of these countries' economies had been in progress for many years and since economic models are usually created for various purposes, some countries have several economic models.

Although, from the restoration of independence onwards, Lithuania may be historically considered as rather young economy state, but in this period witnessed many essential changes in the Lithuania's economy: Lithuania switched from planned to market economy, faced with hyperinflation and high unemployment. While moving towards sustainability, Lithuania's economy went through two economic crises, which

made an adverse impact on its economic development. In view of rapidly changing economic conditions and growing demand for reliable forecasts for various indicators and research into the reaction of the national economy to certain economic changes, it makes sense to have a model of the country's economic indicators, which would help prepare reliable forecasts and enable the modelling of different economic behaviour scenarios, depending on different assumptions.

Relevance of the thesis

In Lithuania, the modelling of economic indicators has been developed for a long time; however, most of the previously conducted and publicly available studies into the Lithuanian economy were mainly dedicated to solving specific problems, and the previously developed models for the simultaneous broader economic analysis have not been updated, which – in view of the recent important economic events – made them no longer relevant and reliable. Therefore, there is a need for an economic model that would be relevant for the current economic situation, covering all branches of economy, which could be used for the studies into and assessment of the country's economic situation, quantitative analysis of the key economic indicators, further economic development forecasts, social and economic decision-making and different economic scenarios creation.

Object of the research

The doctoral thesis focuses on the country's macroeconomic (national accounts, general government finance, investment, price, foreign trade), business (enterprise, industry, construction, domestic trade) and social statistics time series, analyses mathematical models and methods allowing a rather accurate description and forecasts of the behaviour of economic indicators time series and generate the information needed to increase economic efficiency.

Aim of the thesis

The aim of the thesis is to create the model of the country's economic measuring indicators dynamics, that can be used for comprehensive investigation and evaluation of adequacy, consistency and links between economic indicators, analyse the possibilities and prospects of modelling the national economy, to perform a comparative analysis of possible modelling methods, and to create – on its basis – a model of the leading economic indicators of the country's economy, which could be used for the studies into and assessment of the country's economic situation, quantitative analysis of the impact of changes in certain indicators on other indicators, production of forecasts for the key national economic indicators.

Objectives of the thesis

To achieve the aim of the thesis and solve the research problem, the following tasks were formulated in the thesis:

1. To analyse the experience of modelling the national economy in Lithuania and the possibility for the application of other countries' models and identify theoretical and

practical assumptions for the modelling of the country's economic indicators dynamics model.

2. To determine the structure of and theoretical basis for the countries economic model being developed.
3. To perform a primary analysis of the economic indicators time series and determine their unobserved components.
4. To perform a comparative analysis of the economic indicators time series modelling methods, that provides the opportunity of more accurate estimation of typical and complex nature economic indicators time series.
5. To draw up model equation specifications, to estimate model equation parameters, and to study the accuracy and sustainability of models and forecasts.
6. To create tools for the complex evaluation of country's economic situation and prospects, the creation of economic scenario's, the impacts of changes in certain indicators on the county's economic status.

Research methodology

To achieve the aim of the thesis and solve the research problem, economic statistics and econometric theory was studied, the models used in Lithuania and other countries were analysed, a comparative analysis of time series modelling methods was performed, the newest theoretical time series analysis methods were analysed, and their practical application possibilities were determined.

Scientific novelty of the thesis

The scientific novelty of research is demonstrated by the following results:

1. A new methodology for the assessment and forecasting of country's economic indicators, enabling analysis of country's economic indicators relations and their identity of measured economic processes, the production of short-term and medium-term forecasts for economic indicators, complex analysis of the economy, analysis of the impact of certain features and conditions on the national economy, was proposed.
2. The complex model of the key economic indicators was created, which allows the monitoring, analysing and forecasting the economic processes in the country as a whole and the separate components. The accuracy and sustainability of the model equations and forecasts were estimated. The stability of model parameters was examined.
3. It was proved that the use of the adapted SETAR model, discussed in the thesis, for the modelling of complex-nature time series results in better reflection of economic process that can be found from a smaller errors of model equations.
4. A comparative analysis of non-observed time series component estimation methods was performed using the modelled and real economic indicators sequences.
5. It was determined that the modelling of the individual components of the time series of the country's economic indicators by using methods described in thesis results in the improvement in the accuracy and sustainability of the forecasts.
6. Created software tools enabling: the complex evaluation of county's economic status and prospects, analysis of changes in the leading national economic

indicators, production of forecasts, estimation of the impact of changes in the modelled indicators on related national economic indicators and assessment of the impact of economic indicators changes in the economy were developed.

Practical value of research findings

The thesis provides a methodology for the estimation and assessment of country's economic indicators, enabling the opportunity for more fully reflection of the existing economic processes and achievement of smaller model and forecast errors at the same time, improvement in the accuracy and sustainability of analysis and forecasts. This methodology is also suitable for the modelling of complex-nature time series, the modelling whereof with usual time series modelling methods does not yield desired results.

The research findings discussed in the thesis may be used for a reliable complex estimation and analysis of the key country's economic indicators, production of short-term and medium-term forecasts, and creation of different scenarios.

Statements to be defended

1. In view of the peculiarities of the Lithuanian economy and the limitations imposed by them, the insufficient relevance and coverage of existing models, the application of other countries' economic models and those currently available in Lithuania and other countries for the analysis of the Lithuanian economy and production of forecasts for economic indicators is either not feasible or can be just fragmentary.
2. The structural analysis of the time series being modelled through the extraction of their non-observed components enables increase of the accuracy in description of ongoing economic processes and thereby a reduction in model and forecast errors.
3. The adapted SETAR method, proposed in the thesis for the modelling of unstable, complex-nature time series (with various breaks, outliers, variance changing in time), enables the creation of reliable economic indicators models, which can be used for analysis and forecasting.
4. The original software tools, developed by the author of the thesis, enable a complex and expeditious analysis of the key country economic indicators, estimation of their changes depending on the changes that caused them, construction of national economic scenarios, and preparation of reliable economic indicators forecasts.

Approval of research findings

Based on the thesis, nine scientific papers were published: six – in an academic periodical peer-reviewed journal, three – in other peer-reviewed publications. The course of work on and the findings of the thesis were presented at ten Lithuanian and international scientific conferences:

- 5th Ernestas Galvanauskas International Scientific Conference. 2005. Šiauliai, Lithuania;
- XLVI Scientific Conference of Lithuanian Mathematical Society. 2005. Vilnius, Lithuania;

- International Scientific Conference „*Conference on seasonality, seasonal adjustment and their implications for short-term analysis and forecasting*”. 2006. Luxembourg, Grand Duchy of Luxembourg;
- XLVII Scientific Conference of Lithuanian Mathematical Society. 2006. Kaunas, Lithuania;
- 7th Ernestas Galvanauskas International Scientific Conference. 2007. Šiauliai, Lithuania;
- XLVIII Scientific Conference of Lithuanian Mathematical Society. 2007. Vilnius, Lithuania;
- 12th International Scientific Conference „*Mathematical Modelling and Analysis*”. 2007. Trakai, Lithuania;
- International Scientific Conference „*Nordic Conference on Mathematical Statistics*”. 2008. Vilnius, Lithuania;
- XLIX Scientific Conference of Lithuanian Mathematical Society. 2008. Kaunas, Lithuania;
- 13th International Scientific Conference „*Economics and Management*” 2008. Kaunas, Lithuania.

Structure of the thesis

The thesis is comprised of an introduction, three chapters, general conclusions, references, a list of the author's publications on the subject of the thesis, six annexes, and a summary in English. The volume of the thesis – 130 pages (without annexes); the text of the thesis contains 137 formulas, 44 figures and 8 tables.

1. Overview and purposes of econometric modelling

The first models of econometric indicators date back to the end of the 19th–beginning of the 20th century, when well-known economists Walras, Klein, Keynes et al. attempted to describe the economy through simultaneous equation systems. The ideas of those prominent economists served as a basis for the creation of quite a number of models in different countries.

The key advantage of the economic model, which came down to us, is the simultaneous analysis of the whole economy. A correct model of economic indicators not only reveals the interrelation and interdependence of markets but also guarantees the integrity and compatibility of forecasts.

Currently, the creation of models of economic indicators involves not only balance but also econometric equations. In the process of creating models, economics, econometrics and mathematical statistics are used. An econometric model connects the equations explaining economic indicators – to form a common, consistent system.

The meaning and importance of models is acknowledged in many countries of the world and by individual institutions, having long experience of creation and application

of economic models. The World Bank suggested that economic models may be used in different spheres (A. Budraitytė, V. Kvedaras 2000):

1. Economic stability maintenance survey.
2. Assessment of the consequences of structural changes.
3. Analysis of the economic development strategy.
4. Quantitative assessment of political decisions under consideration and the results of those already made.
5. Domestic and foreign policy feasibility studies.
6. Assessment of the impact and costs of different economic policy scenarios.

Due to a wide range of possibilities for using the models of economic indicators, the need for econometric modelling became a particularly topical everyday phenomenon in solving various scientific problems, analysing the current situation, constructing various political, social and economic scenarios, and estimating forecasts for various indicators.

The first chapter of the thesis presents an overview on the economic model of the Bank of England, Austrian macroeconomic model LIMA, Nepal macro-econometric model, and economic modelling in Lithuania (Lithuanian macro-econometric model LITMOD, modelling of the Lithuanian gross domestic product in the thesis of V. Avdejenkova, macro-econometric modelling of the consequences of integration into the European Union for the Lithuanian economy in the thesis of V. Kvedaras, models of business cycles in the thesis of A. Proškutė, and a project dedicated to the Lithuanian economic-mathematical models for forecasting economic processes).

Based on the results of the analysis performed, the following conclusions can be drawn:

1. Many countries and institutions of the world use the models of economic indicators for various purposes and tasks (assessment of economic stability, consequences of structural changes, economic development, quantitative evaluation of political decisions under consideration and those already made, suitability of domestic and foreign policies for achieving economic purposes, impact of different economic policy scenarios), therefore, the importance and relevance of such models is undoubted.
2. Economic model at the Bank of England, the Macroeconomic model LIMA for Austria, Nepal Macroeconomic Model and economic modelling experience in Lithuania and other economic models are briefly presented in first chapter of thesis. Plenty of economic models show that in order to obtain an adequate model for the country's economic processes requires detailed analysis of country's economical properties, identification of economical and mathematical assumptions, selection of leading economic indicators set and suitable modelling techniques.
3. The analysis of foreign countries' economic models showed that – due to the peculiarities of the Lithuanian economy and the limitations imposed by them – it is possible to use the models created by other countries in Lithuania just fragmentarily.
4. The analysis of the country's experience of modelling the economic indicators in Lithuania showed that most of the previously created models were dedicated for the modelling of the key indicators in very specific spheres or for the solving of very specific tasks and problems.

5. The periodic updating of model equations parameters, taking into account the changes in the domestic economy and the environment, is necessary when country's economic development conditions are unstable and unsustainable.

2. Anatomy of econometrics. Methods for the assessment of the model of economic indicators

A reliable and consistent analysis of the national economy allows obtaining the overall picture of the development of the national economy, enables the assessment of the economic benefit of political and social decisions and production of forecasts. For this purpose, first of all, the main characteristics of the sectors of the national economy have to be established, the interrelation between the indicators in question has to be assessed, the possibilities, theoretical assumptions and implementation modes for their modelling have to be analysed. The thesis focuses on the problem of theoretical and practical possibilities for the modelling of country's economic indicators, methods for the production of reliable short-term forecasts, possibilities for the assessment of the structure and individual non-observed components of the time series of economic indicators, and the aspects of the accuracy of the model.

In this chapter, a brief description of the modelling methods used in the thesis is provided, the assumptions made are delineated. Assiduous attention is given to the structural analysis of the time series of economic indicators because, in the process of work, it was established that the estimation of individual non-observed components of time series results in a significant reduction in the overall model error.

To establish whether spectral analysis produces reliable results in determining the non-observed components of time series, modelled time series were used. 800 different modelled time series, imitating the behaviour of real economic indicators, were analysed. Since the time series were modelled from individual known components, all the deterministic non-observed components of the time series were known precisely. The final modelled time series were calculated using an additive model:

$$y(t) = \sum_i U_i(t) = T(t) + S(t) + IR(t), T = 1, 2, \dots, 64. \quad (S1)$$

To check the statement about the reliability of spectral analysis in determining the non-observed components of time series, spectral function plots were generated for the modelled time series.

The peaks of the spectral function plots of all modelled time series, irrespective of the type of trend and seasonal component, were reached in three points: $\omega = 0$, $\omega = \frac{\pi}{2}$ and $\omega = \pi$, which shows that the time series in question have a trend and a seasonal component whose peaks repeat twice a year. The results of the analysis prove the statement that spectral analysis produces reasonably accurate results in determining the non-observed components of a time series, irrespective of the type of trend, seasonality or fluctuations in its random component. Therefore, based on those results, a decision

was made to perform a spectral analysis of all endogenous and exogenous indicators before forming equations for the model of the country's macroeconomic indicators.

In the course of the analysis of the real spectral functions of the time series of country's economic indicators, it was established that most of them have a significant seasonal component. After an in-depth analysis and comparison of the results of modelling against the actual ones, it was established that the modelling of individual components results in smaller model and forecast errors. Therefore, in the process of modelling the time series of individual indicators, the non-observed components of time series were extracted.

At the next stage of the study, efforts were made to establish which of the existing methods is the best for assessing the non-observed components of time series. For the comparison of such methods, modelled time series prepared for spectral analysis and additional time series, the variance of whose random component significantly changes in time, were used.

Since the non-observed components of the modelled time series are known precisely, for the comparison of the methods, the trend and seasonal component estimate model $y(t) = \hat{T}(t) + \hat{S}(t) + \varepsilon(t)$ and time series model $y(t) = \hat{T}(t) + \hat{S}(t) + \hat{I}(t)$ errors are estimated, where $\hat{T}(t)$ – trend estimate, $\hat{S}(t)$ – seasonal component estimate, $\hat{I}(t)$ – random component estimate. For the comparison of results, the mean absolute percentage error (MAPE) and root mean square percentage error (RMSPE) were used.

The precision and suitability of the models was established not only according to MAPE and RMSPE but also by checking the autocorrelation and independence of residuals and their distribution according to the normality law and by calculating standard diagnostic statistics.

To perform the analysis, Demetra, TRAMO-SEATS software, approved by the Statistical Office of the European Union (Eurostat), NBBTools software, used by the National Bank of Belgium, and software developed by the author of the thesis were used.

The assessment of the non-observed components of the modelled time series showed that the results of the extraction of the non-observed components of time series obtained using both parametric and non-parametric methods are rather similar. The different forms of the trend function did not impact on the results obtained. As for the trend and seasonal component estimates, smaller mean errors were observed when the parametric method was used. Therefore, a conclusion can be drawn that the non-observed components of the time series the variance of whose random component does not significantly change in time are better estimated by parametric methods. The results of the analysis of the modelling of the time series the variance of whose random component does significantly change in time show that both errors (MAPE and RMSPE) of the time series models are smaller when the non-parametric method is used. However, since the difference in the errors is insignificant, both parametric and non-parametric methods may be used for the estimation of the non-observed components of time series.

In the process of forming the equations for the country's economic model, it was noticed that usual econometric mechanisms do not enable an accurate enough description of quite a number of time series. Therefore, new, more efficient methods

have been searched for, which would enable the estimation of all key country's economic indicators with sufficient precision. On the basis of the studies done for the thesis and available scientific literature, a new method for the modelling of complex-nature time series, to which traditional linear methods do not apply, was proposed – an adapted threshold autoregressive method.

In the thesis, an adapted SETAR model is provided and described. The model estimation algorithm enables the estimation of non-linear models through the assessment of the importance of the non-observed components of time series. The thesis presents an algorithm for the estimation of only a two-subclass adapted SETAR model; nevertheless, the methodology proposed may also be used for the estimation of models with more than two subclasses.

For the verification of the adapted SETAR method, real and modelled time series were used. The results of the adapted SETAR model estimates were compared against the results of the ARIMA model, which is most often used in time series analysis. The charts show that the adapted SETAR model describes data better than the ARIMA model; it is because the deviations of estimators from the true values in the adapted SETAR model are smaller than in the ARIMA model. For a more accurate comparison of the results obtained, the mean absolute percentage error of the models was calculated. The results are provided in Section 2.3.3 of the thesis.

The analysis of errors in the adapted SETAR model and in the ARIMA model showed that the adapted SETAR model is more stable because the error variance is considerably smaller. The charts of model errors are presented in Annex 5. The results of the study proved the statement that it makes sense to use the adapted SETAR method for the modelling of non-linear behaviour, complex structure time series or time series whose variance significantly changes in time.

The results of the studies conducted determined the choice of the methods and estimation algorithm used for the creation of the model of the key country's economic indicators.

First of all, using spectral analysis, non-observed components were determined and extracted for all the time series of the indicators in question. Then, it was attempted to figure out whether there are other economic indicators whose changes might explain the economic behaviour of the indicators in question and to prove this dependence using correlation matrices. When significant relations were detected, equations were formed using the regression analysis method. If no relations were detected or the regression model errors were quite big, model equations were formed using the adapted threshold autoregressive method and the algorithm proposed in the thesis.

The results of the studies performed led to the following main conclusions:

1. The models of economic processes time series, with constant or random fluctuations, additive outliers, level shifts, transitory changes, structural breaks, unstable dispersion, estimated by using traditional econometric methods are not suitable due to high model errors and parameter equations unsustainability.

2. The rapid economic, demographic, social and political changes have a significant impact on the structure of the time series of many country's economic indicators; therefore, usually linear time series estimation methods do not enable an

accurate description of such time series – errors are higher than 10 pct. Such models can not be used in the analysis of economic processes due to low reliability.

3. Using modelled time series with different trend function and seasonal component types, imitating real time series, the following was established:

3.1. Before the modelling of economic time series, it is recommended to perform a structural analysis of endogenous and exogenous model variables, a primary correction of time series, and an extraction of non-observed components.

3.2. The spectral analysis of modelled time series showed that, irrespective of the type of the time series trend, seasonality or random component fluctuations, spectral analysis enables a precise estimation of the deterministic non-observed components of time series.

3.3. Comparative analysis of non-observed time series components estimation methods showed that both parametric and non-parametric methods describe non-observed components well enough: parametric methods are better used for the time series the variance of whose random component does not change in time, non-parametric methods – for those the variance of whose random component changes in time.

4. For complex nature economic indicators time series, a new modelling methodology was proposed – using time series correction, frequency analysis and threshold autoregressive methods, which has helped to improve econometric description of the economic processes.

5. The use of the ASETAR model order, threshold variable, bias and model equation parameter estimation algorithm, described in the thesis, enables a more precise description of non-linear behaviour, complex-nature real time series than the use of traditional linear methods. Moreover, ASETAR model errors are more stable, and their variance is considerably smaller.

6. The most common form of nonlinearity test RESET is not appropriate for threshold nonlinearity detecting and may be used only as an information tool. Using SETAR-type models of the time series detection threshold nonlinearity F-test criterion given reliable results.

7. The model errors analysis showed that the estimation of model equations by using ASETAR method gives smaller, more stable and with lower dispersion errors for complex nature economic time series with non linear behaviour, comparing with a traditional linear time series methods.

3. Economical investigation on country's economic indicators dynamics model adequacy in Lithuania

In the third chapter of the thesis, the task of compiling the model of the key Lithuanian economic indicators is solved based on the studies described in the previous chapters and using the model equation formation algorithm proposed. The results obtained are presented by, first of all, outlining the model structure and the factors determining the

choice of model equation variables and drawing up equation specifications with probable parameter signs; then, model equations for economic indicators with estimated parameters are provided. A calculated absolute percentage error, a determination coefficient reflecting the adequacy of model equations, Durbin–Watson statistics measuring the autocorrelation of residuals and the significance of model equation parameters are provided next to each estimated equation. To avoid the expansion of the volume of the thesis, only a few estimated equations are presented in the chapter; the rest of the estimated equations are presented in Annex 1.

The analysis of other countries' economic modelling experience showed that part of the models are compact, including only the key economic indicators, and the main purpose of such models is the expeditious reliable assessment and forecast of the economic situation. The other part of the models, comprised of a larger number of modelled economic indicators, may yield more detailed results; however, due to a large number of component variables, the preparation of such analysis and forecasts takes much longer time. In the thesis, a decision was made to achieve balance between the former and the latter types of models. The main aim of this model is the expeditious provision of detailed Lithuanian economic analysis and forecasting results. Nevertheless, it is not difficult to expand the model, when needed.

The model provided in the thesis covers the key country's economic indicators. The model is comprised of five parts: production, prices, trade, income, and employment (see Fig. 3.1). The model may be used for studies into and assessment of the country's economic situation, quantitative analysis of economic indicators, economic forecasts.

The main endogenous variables of the model are as follows: value added, harmonised index of consumer prices, producer, import and export price indices, domestic demand for goods, imports, exports, national budget revenue, income of legal and natural persons, employed population, and the number of hours worked.

In the process of forming model equations, account was taken of economic meaningfulness, model equation errors and econometric validity. The indicators chosen to be the model's exogenous variables are those having an economically explainable impact on the modelled endogenous variable. Then, the correlation coefficients of the indicators selected are estimated. If an exogenous variable significantly correlates with the endogenous one, it is included in the model. When the selection of explanatory variables is completed, a check is run to figure out whether they are not interdependent. If multicollinearity is present, the coefficient estimates obtained will be incorrect. Therefore, a task of selecting the exogenous variables which will ensure that the classical regression assumptions are satisfied is solved.

For the modelling of complex-nature time series or endogenous variables for which no proper explanatory variables were found and/or the model errors exceed 5 per cent, a new adapted threshold autoregressive method is proposed in the thesis, when – before the model is compiled – the non-observed components of time series are assessed for the modelled indicators.

Further in the paper, the key model equation formation principles and specifications are provided.

Production. Production indicators were modelled taking into account the key factors affecting production.

The more production factors are consumed, the more goods are produced or services are provided. However, the impact of factors influencing production depends on the length of the period analysed. There are more possibilities for increasing the output in the long-term than in the short-term period because over a long period all production factors change, while over a short period some production factors remain unchanged or change just marginally. In the long-term period, the output depends not only on labour but also on changes in capital – because as the output changes, investment and savings, which are the components of capital, change accordingly. In the short-term period, some of the production factors cannot change fast; therefore, they are invariable. For example, capital is accumulated throughout a long period, and its benefit is lasting; meanwhile, investments usually just replace depreciated capital or supplement it. Therefore, in a general short-term overview, capital is usually considered to be a constant, which limits changes in the output. However, if one of the production factors does not change significantly, the output will depend on another factor – labour. Since the movement of the labour force on the market is a permanent phenomenon, this factor may be considered as a rapidly changing production factor. Therefore, changes in production in the short-term period are possible only on condition that there are changes in the labour factor. However, the increase in the output through the increase in labour costs has a limit – when marginal labour costs exceed the benefit. In such case, the increase in the labour factor is no longer beneficial; therefore, it is not possible to achieve a constant and stable output growth just by increasing labour costs.

In the thesis, the modelling of the value added of individual production activities is based on a general case of a production function:

$$Y(t) = A \cdot F(x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t)). \quad (S2)$$

Where $Y(t)$ – value added, $x_1(t)$, $x_2(t)$, ..., $x_m(t)$ – factors influencing the production process, A – total productivity of production factors.

Production functions are estimated based on the following assumptions:

- given the increase in the costs of a certain factor, when other costs are constant, a marginal growth in the output is achieved;
- there is a possibility of replacing and supplementing the production factors used without changing the output.

The key objective of the thesis is to perform a short-term analysis of the country's economy; therefore, closer attention in estimated equations was devoted to labour indicators: number of hours actually worked and employed population. The results of correlation analysis were used to select a labour indicator – either the number of employed persons (employed population) or the average monthly number of hours worked.

Since there are no estimated and officially published time series of gross capital by economic activity in Lithuania, a modified production function was used for the description of production indicators, which, instead of capital, included the variables influencing its changes – investment in tangible fixed assets by purpose and foreign direct investment. Some equations additionally included equity and changes in the sales of goods and services.

To analyse the real time series of the national economy, various modifications of the production function were used in the thesis. To obtain as accurate and reliable results as possible, both additive and multiplicative production function model equations were formed. After the estimation of the production function in individual economic activities, the factors that had determined the economic changes in the country were analysed.

In the production section, the gross value added is modelled by 21 economic activities. The value added equation specification:

$$Y = f_Y \left(L, I, X_7, X_5 \right). \quad (S3)$$

Where Y – value added, L – labour, I – investment, X_7 – equity, X_5 – income from the sale of goods and services.

Employment. One of the main factors affecting production in the short-term period is labour, while this indicator, in turn, directly depends on the number of able-bodied residents and their motivation for active labour market participation. Therefore, a decision was made to, first of all, perform an analysis of the labour supply and demand in Lithuania.

When taking a decision on the number of employees to be hired, enterprises maximise their profit, which equals the value of the goods produced or services provided minus costs. To calculate the amount of labour maximising profit, enterprises compare the benefit of hiring an additional employee against costs. Here, costs refer to expenditure on the employee's wage, benefit – the value of the output produced by that additional employee. If the benefit exceeds the costs, the additional employee will increase the enterprise's profit; hence it is beneficial for the enterprise to hire more employees.

The overall labour demand is influenced by the same factors as in the case of a single enterprise; therefore, this theory may be used not only for one enterprise but also for macroeconomic analysis – creation of labour demand models for individual economic activities.

In the process of analysing the labour demand, one must simultaneously analyse the labour supply. The labour supply is formed by people of working age, considering and estimating the benefits and cost of work. The main benefit of work is the possibility to consume goods and services in exchange for earned income, while the cost of work is the loss of leisure time. The overall increase in the labour supply may be affected by just a few factors: increase in real earnings, increase in the working-age population, decrease in the inactive population.

In the thesis, the labour supply and demand is estimated by forming equations for hours actually worked and the number of persons employed in individual economic activities. The labour supply and demand equations specification are provided below.

$$\Pi = f_{\Pi} \left(P_G, Y, W, X_1 \right). \quad (S4)$$

Where Π – labour demand, P_G – producer price indices for the production sold on the Lithuanian market, Y – value added, W – average monthly gross earnings, X_1 – employed population.

$$LS = f_U \left(PC, X_2 \right). \quad (S5)$$

Where LS – labour supply, PC – consumption of goods and services, X_2 – number of hours actually worked.

Prices. Production costs are comprised of the values of all the production resources (labour, capital, etc.) consumed. To achieve economic efficiency, producers have to estimate their expenditure on the production factors used. If there is a change in production factor prices, production costs also change. In that event, producers have to solve the task of optimising the production factors used anew or reconsider the prices for the goods produced or services provided. Large price fluctuations encumber the relative estimation of changes in prices for goods and services, cause deviations from efficient resource distribution, redistribution of assets and income, contribute to an increased investment risk. One of the main production factors in the short-term period is labour. Labour compensation makes up a rather large proportion in production costs. Production, employment, earnings and prices are directly cyclically connected. Although labour makes up a considerable proportion in production costs, other costs incurred by producers must also be taken into account. Apart from the costs incurred by producers, a decision on product prices is influenced by the market – household – and general government final consumption, amount of the output sold, investment, exports.

Price stability is the best tool of monetary policy, which can contribute to two other important economic objectives – economic growth and job creation. During the last decade, both deflation and high inflation periods were observed in Lithuania, which made a negative impact on the country's economic stability. The thesis analysed the correlation between various factors and inflation changes in Lithuania.

Inflation is observed when the overall demand exceeds the overall supply. In the long-term period, the main factor affecting the overall demand is the amount of money. Therefore, the final consumer price equation includes additional regressors, reflecting the purchasing power of consumers. One of such regressors is earnings. However, given the intensification of emigration processes and the growth in the labour income from abroad, observed in recent years, earnings do not fully reflect the purchasing power of Lithuanian consumers. Therefore, after checking significance, compensation of employees credit and the amount of money were included in model equations.

Consumer price model equations are formed for twelve different groups, classified according to the Classification of Individual Consumption by Purpose (COICOP), prepared by the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Estimated indices are aggregated using the Laspeyres formula and a weighting system developed and annually updated by Statistics Lithuania.

Equation specifications of prices are provided below.

$$P_G = f_{P_G} \left(L \cdot W, I, X_7, V_n, V_v, X_8, P_{\text{exp}}, EX \right). \quad (S6)$$

Where: P_G – producer price indices for the production sold on the Lithuanian market, L – labour, W – average monthly gross earnings, I – investment, X_7 – equity, V_n –

household consumption expenditure, V_v – general government consumption expenditure, X_8 – production sold, P_{exp} – export price index, EX – production exported.

$$P_V = f_{P_V} \left(\underset{+}{P_G}, \underset{+}{V_n}, \underset{+}{V_v}, \underset{+}{P_{im}}, \underset{+}{PB}, \underset{+}{W}, \underset{+}{DP} \right) \quad (S7)$$

Where P_V – harmonised indices of consumer prices, P_G – producer price indices for the production sold on the Lithuanian market, V_n – household consumption expenditure, V_v – general government consumption expenditure, P_{im} – import price indices, $PB(t)$ – monetary basis: cash in circulation, current accounts and required reserves of credit institutions, W – average monthly gross earnings, $DP(t)$ – compensation of employees credit.

Income. The income of any entity has two main characteristic functions: consumption (satisfaction of current needs) and saving (deferment of consumption to other periods – for the satisfaction of future needs). Income may take two forms: in cash and in kind. In the thesis, modelled income is broken down into personal income, income of economic entities, and national budget revenue.

The sources of personal income may be broken down by nature of income into three groups: market, redistribution system, and other persons' support. Since for more than half of households the main source of income is income from employment, and earnings is the best reflection of income from employment, a decision was made to include this indicator in the model. A major portion of households with social benefits as the main source of income is made up of pension beneficiaries; therefore, an average state social insurance old-age pension equation was also formed. No other quarterly indicators reflecting personal income were found in Lithuania.

Reliable regressors for the modelling of the average state social insurance old-age pension were not found; therefore, this indicator was modelled using an adapted SETAR model.

Statistics Lithuania collects, systemises and processes financial data on enterprises. In this section, a model equation was formed for the sum of sales and other operating income of enterprises.

In Lithuania, the national budget is comprised of the State budget and municipal budgets. It is comprised of taxes, other revenue, and European Union (EU) support. To describe the individual income tax, the number of employed persons and average monthly gross earnings are used. To estimate changes in the profit and social taxes, the total profit of enterprises is included, to estimate changes in taxes on goods and services – the value added generated and imports. Other national budget revenue and EU support time series are modelled using the adapted threshold autoregressive model, discussed in the thesis.

Equation specifications of income indicators are provided bellow.

$$W = f_W \left(\underset{+}{P_V}, \underset{+}{Un} \right). \quad (S8)$$

Where W – average monthly gross earnings, P_V – harmonised index of consumer prices, Un – unemployment rate.

$$X_5 = f_{X_5} \left(\underset{+}{Y}, \underset{+}{P_G} \right). \quad (S9)$$

Where X_5 – income from sales, Y – value added, P_G – producer price indices for the production sold on the Lithuanian market.

$$B = f_B \left(\underset{+}{X_1}, \underset{+}{W}, \underset{+}{\bar{X}}, \underset{+}{Y}, \underset{+}{IM} \right). \quad (S10)$$

Where B – national budget revenue, X_1 – employed population, W – average monthly gross earnings, \bar{X} – enterprises' profit from economic operations, Y – value added, IM – imports.

Trade. In the thesis, trade results are analysed through the prism of supply of and demand for goods and services. Domestic demand is directly formed by households and the general government; moreover, since Lithuania is a small open economy, account must be taken not only of domestic trade but also of exports and imports.

The demand for goods is affected by multiple factors: price changes, part of the consumer budget allocated for the acquisition of goods, time. Meanwhile, supply is, first of all, determined by time, then – by the existence of competitive goods and by storage possibilities. The supply of end-use products is formed by producers, influenced by the current demand for goods and services. Meanwhile, traders engaged in imports analyse the current demand and form the supply of goods and services which are not produced or provided in Lithuania or import competitive goods or services.

Investment in production affords an opportunity for producers to produce more output with the same resources, i.e. increase the supply, while the introduction of new technologies often allows cheapening the production process, thus enhancing the competitiveness of and demand for products. Consumption depends on income; therefore, household and general government expenditure is modelled using income and other monetary indicators. To describe household consumption, apart from income data, data on the turnover of retail trade and catering enterprises are used.

Investment directly depends on two factors: economic entity's profit and interest rates. Since sales depend on consumption, the model equation includes private and general government consumption. If consumption is growing, the sales of goods and services by enterprises are also growing, which, in turn, results in a profit growth. However, if one wants to increase the output, one has to increase investment. Since it is not always that the profit earned is sufficient for investment, many enterprises take out loans. For that reason, the model equation includes the volume of loans and interest rates. If those are high, it is possible that the benefits from investment will be smaller than interest, and enterprises decide not to invest. Since there is not enough data on all types of investment in Lithuania, the thesis focuses on the modelling of investment in tangible fixed assets.

To describe imports, an import demand function was formed using consumption, investment and exports variables. Imports also depend on production and the real exchange rate. An increase in the real exchange rate results in a relative growth in prices for domestic goods, as compared to the imported ones, which, in turn, opens up import

growth possibilities; and vice versa: a decrease in the real exchange rate results in a relative drop in prices for domestic goods, as compared to the imported ones. In Lithuania, there is no estimated and officially released real exchange rate; moreover, it is quite hard to estimate precisely because it is related to the nominal exchange rate and to prices on the domestic and foreign markets. Therefore, in the estimation of imports, it was decided to use the nominal exchange rate of the litas vis-à-vis the currencies of the foreign countries accounting for the major portion of imports into Lithuania (Russia, Poland, and Latvia).

The products produced in Lithuania are exported to many countries. To provide an accurate description of exported products, an analysis of all those countries' markets would have to be made, which is not the purpose of the thesis. Therefore, to describe changes in exports, the value added generated, the indicators of consumption of goods in Lithuania, the export price index are used, while the impact of changes in exchange rates on exports is studied by including the exchange rate of the litas vis-à-vis the currencies of the foreign countries accounting for the major portion of exports from Lithuania in the equation.

Equation specifications of trade indicators are provided bellow.

$$V_n = f_{V_n} \left(W_+, DP_+, MP_+ \right). \quad (S11)$$

Where V_n – private consumption, W – average monthly gross earnings, DP – compensation of employees credit, MP – turnover of retail trade and catering enterprises.

$$V_v = f_{V_v} \left(B_+, Y_O_+, PB_+ \right). \quad (S12)$$

Where V_v – general government consumption, B – national budget revenue, Y_O – value added generated in public administration and defence, compulsory social security, PB – monetary basis: cash in circulation, current accounts and required reserves of credit institutions.

$$I = f_I \left(\bar{X}_+, PA_+, PN_-, X_1_+ \right). \quad (S13)$$

Where I – investment in tangible fixed assets, \bar{X} – profit from economic operations, PA – volume of loans, PN – interest rate, X_1 – employed population.

$$IM = f_{IM} \left(V_n_+, V_v_+, I_-, EX_+, \bar{\xi}_{RU}_+, \bar{\xi}_{PL}_+ \right). \quad (S14)$$

Where IM – imports, V_n – private consumption, V_v – general government consumption, I – investment, EX – exports, $\bar{\xi}_{RU}(t)$ – exchange rate of the litas vis-à-vis the Russian rouble, $\bar{\xi}_{PL}(t)$ – exchange rate of the litas vis-à-vis the Polish zloty.

$$EX = f_{EX} \left(V_n_-, V_v_-, I_+, P_{exp}_+, \bar{\xi}_{LV}_- \right). \quad (S15)$$

Where EX – exports, V_n – private consumption, V_v – general government consumption, P_{exp} – export price index, $\bar{\xi}_{LV}(t)$ – exchange rate of the litas vis-à-vis the Latvian lat.

The benefit of this methodology for the enhancement of the accuracy of economic indicator model equations and forecasts has been estimated and is presented in tables 3.2 and 3.3 of the thesis.

The third chapter of the thesis describes, in brief, the software developed by the author of the thesis, enabling a simultaneous estimation of economic trends in the country and the total of economic indicators, production of forecasts, with or without using primary assumptions, as well as the construction of various economic scenarios.

The practical results of research lead to the following conclusions:

1. Empirical studies were carried out in case of Lithuania, for checking proposed methodology in practice. The chapter provides the country's main economic indicators of practical modelling, according to the methodology described in the second section of the results. Practical results show that the proposed method enables enough accurate assessment of the country's economic processes, which received an average absolute relative error of 2.7 percent. Therefore, the proposed methodology is appropriate for modelling of country's state of the economy and the prospects, for analyzing and forecasting.

2. The small errors (average error of model equations is equal 2.7 pct, average economical prospects error – 3,1 pct.) proves, that created country's economic indicators dynamics model can be reliably applied for investigation of the country's economic status, the quantitative analysis of economic indicators and the prediction of further economic situation.

3. Lithuanian production indicator in some economic activities did not obtain reliable results, by using the production function factors. Errors in different economic activities exceed 10 percents. Insufficient statistical information that measure economical processes and other properties of Lithuanian economy may take influence to results. Additional regressors included in models improve the results – errors decrease to average 1 percent and improve the accuracy of predictions.

4. The original software tools developed for country changes analysis may be used for the identification of the changes of the main indicators, depending on the changes affecting them, the production of economic processes forecasts, and the construction of various economic scenarios with different primary assumptions.

General conclusions

1. The analysis of the theoretical and practical assumptions and possibilities for the modelling of the country economic indicators, the Lithuanian and other countries' modelling experience showed that some of the existing models may be used in Lithuania just fragmentarily. The use of most of the existing models is limited by the lack of relevance and insufficient coverage. The detailed simultaneous analysis of the country's economy and production of forecasts requires an up-to-date all-round model of the key economic indicators.

2. The proposed structure of the model, which includes the main indicators of the economy and consists of five components: production, employment, prices, income and

trade. The model can be applied for a complex analysis of country economic situation, qualitative analysis of economic indicators and estimation of the economic prospects.

3. Various economic demographic, social, political and calendar changes significantly influence to the structure of many economic indicators – regular and random fluctuations, outliers, and structural breaks occur. After comprehensive initial analysis of leading economic indicators time series was identified that many country's economical indicators are affected with seasonality and other confusing components – additive outliers, transitory changes, level shifts, significant calendar effects. The time dependence of the dispersion and nonlinear behaviour is also observed in some time series. Therefore, most frequently used linear time series techniques are not appropriate for such time series.

4. The results of comparative analysis of economic indicators modelling methods, which was carried out with real and simulated time series of modelling indicators, enabled to propose a new methodology for the estimation and forecasting of country's economic indicators, with a typical or a complex nature behaviour, to calculate a short-term and medium-term forecasts, to perform complex analysis of the country's economy, to analyse the impact of various changes on the national economy, to evaluate consequences for the country's economic status and prospects of changes, to construct various economic scenarios.

5. The studies performed and results of modelling prove that the new economic indicators modelling methodology, proposed in the thesis, enables an accurate assessment of the economic processes, due to a significant reduction in model equation and forecast errors (model error decreased from an average of 6.0 percent to 2.7 per cent.) and a low average error of perspective, which is equal to 3 percent, show this.

6. The software tools developed enable the complex analysis of changes in the leading country's economic indicators, preparation of reliable short-term and medium-term forecasts, estimation of the impact of changes in economic indicators on the national economy, construction of various economic scenarios, depending on different economical assumptions.

Priedai²

- A priedas.** Modeliuotų laiko eilučių nestebimų komponentų vertinimo paklaidos
- B priedas.** Adaptuoto SETAR specifikacija
- C priedas.** SETAR poklasių keitimo grafikai
- D priedas.** ASETAR ir ARIMA modelių įverčių grafikai
- E priedas.** SETAR ir ARIMA modelių paklaidų grafikai
- F priedas.** Įvertintos modelio lygtys ir grafikai
- G priedas.** Bendraautorių sutikimai teikti publikacijų medžiagą disertacijoje
- H priedas.** Autoriaus mokslinių publikacijų disertacijos tema kopijos

² Priedai pateikiami pridėtoje kompaktinėje plokštelėje

Nomeda BRATČIKOVIENĖ

ŠALIES EKONOMIKOS INDIKATORIŲ
DINAMIKOS MODELIS

Daktaro disertacija

Socialiniai mokslai,
Ekonomika (04S)

THE MODEL OF THE COUNTRY'S ECONOMIC
INDICATORS DYNAMICS

Doctoral Dissertation

Social Sciences,
Economics (04S)

2014 01 13. 12,25 sp. l. Tiražas 20 egz.
Vilniaus Gedimino technikos universiteto leidykla „Technika“,
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius,
<http://leidykla.vgtu.lt>
Spausdino UAB „Ciklonas“,
J. Jasinskio g. 15, LT-01111 Vilnius