

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE**  
**FAKULTA HOSPODÁRSKEJ INFORMATIKY**  
Evidenčné číslo: 103003/I/2020/36089192885265924

**VYUŽITIE EKONOMETRICKÉHO MODELU PRI  
OPTIMALIZÁCI**  
Diplomová práca

;

**2020**

**Bc. Dana Barániková**

**EKONOMICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE**  
**FAKULTA HOSPODÁRSKEJ INFORMATIKY**

**VYUŽITIE EKONOMETRICKÉHO MODELU PRI  
OPTIMALIZÁCII**

Diplomová práca

**Študijný program:** Informačný manažment

**Študijný odbor:** Ekonómia a manažment

**Školiace stredisko:** Katedra operačného výskumu a ekonometrie FHI

**Vedúci záverečnej práce:** Ing. Adriana Lukáčiková, PhD.

**Bratislava 2020**

**Bc. Dana Barániková**



Ekonomická univerzita v Bratislave

Fakulta hospodárskej informatiky

---

## ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

**Meno a priezvisko študenta:** Bc. Dana Barániková  
**Študijný program:** informačný manažment (Jednoodborové štúdium, inžiniersky II. st., denná forma)  
**Študijný odbor:** ekonómia a manažment  
**Typ záverečnej práce:** Inžinierska záverečná práca  
**Jazyk záverečnej práce:** slovenský  
**Sekundárny jazyk:** anglický

**Názov:** Využitie ekonometrického modelu pri optimalizácii

**Anotácia:** V práci bude prezentované použitie viacrovnicového ekonometrického modelu pri optimalizácii hospodárskej politiky. Odhadnutý ekonometrický model bude základom pri formulácii úlohy cieľového programovania.

**Vedúci:** Ing. Adriana Lukáčiková, PhD.

**Katedra:** KOVE FHI - Katedra operačného výskumu a ekonometrie FHI

**Vedúci katedry:** prof. Mgr. Juraj Pekár, PhD.

**Dátum zadania:** 16.10.2018

**Dátum schválenia:** 05.11.2018

prof. Mgr. Juraj Pekár, PhD.

vedúci katedry

### **Čestné vyhlásenie**

**Čestne vyhlasujem, že záverečnú prácu som vypracovala samostatne a že som uviedla všetku použitú literatúru.**

**Dátum:**

.....

(podpis študenta)

## **Pod'akovanie**

Chcela by som veľmi pekne poďakovať svojej vedúcej diplomovej práce, Ing. Adriana Lukáčiková, PhD., za odborné rady, pomoc a čas strávený pri konzultovaní tejto diplomovej práce.

## ABSTRAKT

BARÁNIKOVÁ, Dana: *Využitie ekonometrického modelu pri optimalizácii*. – Ekonomická univerzita v Bratislave. Fakulta hospodárskej informatiky; Katedra operačného výskumu a ekonometrie FHI – Ing. Adriana Lukáčiková, PhD. – Bratislava: FHI EU, 2020, 65 str.

Cieľom záverečnej práce je namodelovanie rovníc v ekonometrickom programe EViews, vedúcich k vzniku viacrovnícového ekonometrického modelu Slovenskej republiky a ich následne využitie pri optimalizácii hospodárskej politiky v programe MS Excel s využitím programovacieho jazyka VBA a doplnku Riešiteľ. Práca je rozdelená do 5 kapitol. Obsahuje 44 obrázkov a 10 tabuliek. Prvá kapitola je venovaná súčasnému stavu problematiky na Slovensku a v zahraničí. V druhej kapitole sa nachádza cieľ práce. Tretia kapitola je zameraná na metodiku práce s postupmi výpočtov v programe EViews. Štvrtá kapitola sa zaoberá overovaním modelov a ich výsledkami. Posledná piata kapitola obsahuje výpočet optimalizácie pomocou programovacieho jazyka VBA (Visual Basic for Applications). Výsledkom práce je optimalizácia zostaveného ekonometrického modelu na základe vopred stanovených cieľov.

### **Kľúčové slová:**

ekonometria, lineárny model, metóda najmenších štvorcov, testovacie štatistiky, časový rad, simulácie, EViews, optimalizácia, VBA

## ABSTRACT

BARÁNIKOVÁ, Dana: *Using econometric model in optimization* – University of Economics in Bratislava. Faculty of Economic Informatics: Department of Operations Research and Econometrics- Ing. Adriana Lukáčiková, PhD. – Bratislava: FEI UE, 2020, 65 p.

The objective of the diploma thesis is to model equations in the econometrical program called EViews which leads to the genesis of econometrical multiequational model of Slovak Republic and their subsequent usage within optimisation economic politics in MS Excel using a program language of VBA and Solver addition. The thesis is divided into 5 chapters. It contains 44 pictures and 10 tables. The first chapter deals with current status of the issue in Slovakia and abroad. The second chapter contains objective of the thesis. The third chapter is focused on the methodology of the thesis with calculation sequences in EViews. The fourth chapter deals with model verifying and results. The last fifth chapter contains calculation of optimisation by means of VBA (Visual Basic for Applications) programming language. The result of the thesis is optimisation of formed econometrical model on the basis of aims set before.

### **Keywords:**

econometrics, linear model, method of least squares, statistical hypothesis, time series, simulation, EViews, optimisation, VBA

## Obsah

<b>ÚVOD.....</b>	<b>11</b>
<b>1 SÚČASNÝ STAV PROBLEMATIKY .....</b>	<b>12</b>
1.1 Stav ekonomiky po vstupe do Európskej únie .....	15
<b>2 CIEĽ PRÁCE.....</b>	<b>17</b>
<b>3 METODIKA PRÁCE A POSTUPY VÝPOČTOV .....</b>	<b>18</b>
3.1 Jednorovnicový ekonometrický model .....	18
3.2 Viacrovnícový ekonometrický model .....	19
3.3 Metóda odhadu parametrov pomocou metódy najmenších štvorcov.....	20
3.4 Testovanie simultánnosti.....	22
3.5 Testovanie vynechania predeterminovaných premenných z konkrétnej preidentifikovanej rovnice .....	23
3.6 Testovanie autokorelácie náhodných zložiek modelu.....	23
3.7 Testovanie exogenity .....	24
3.8 Testovanie hypotéz o štatistickej významnosti parametrov lineárneho modelu .....	25
3.9 Testovanie významnosti modelu ako celku .....	26
3.10 Prognózovanie lineárneho modelu .....	26
3.11 Cieľové programovanie.....	28
<b>4 VÝSLEDKY PRÁCE V PROGRAME EVIEWS .....</b>	<b>31</b>
4.1 O programe EViews .....	31
4.2 Modelovanie rovníc .....	31
4.3 Overenie a interpretácia modelov .....	33
4.3.1 Rovnica tvorby hrubého kapitálu: .....	34
4.3.2 Rovnica priemernej nominálnej hrubej mzdy:.....	37
4.3.3 Rovnica konečnej spotreby domácností: .....	40
4.3.4 Rovnica počtu zamestnaných: .....	43
4.3.5 Rovnica importu tovarov a služieb: .....	46
4.4 Súhrn výsledkov simulácie ex post .....	49
<b>5 OPTIMALIZÁCIA NA ZÁKLADE EKONOMETRICKÉHO MODELU.....</b>	<b>51</b>
5.1 Optimalizácia hospodárskej politiky .....	51
5.2 Aplikácia optimalizácie na základe ekonometrického modelu .....	52
5.3 Visual Basic for Applications – VBA.....	57
5.3.1 Programovanie makra v jazyku VBA.....	57



<b>ZÁVER .....</b>	<b>60</b>
<b>ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY .....</b>	<b>62</b>

## ZOZNAM TABULIEK A OBRÁZKOV

Obrázok č. 4.3.1	výstup z EViews modelu THK
Obrázok č. 4.3.2	ukážka zápisu nájdenia kritickej hodnoty $t$ -štatistiky pre $v=38$
Obrázok č. 4.3.3	kritická hodnota $t$ -štatistiky pre $v=38$
Obrázok č. 4.3.4	ukážka zápisu nájdenia kritickej hodnoty $F$ - rozdelenia
Obrázok č. 4.3.5	kritická hodnota $F$ -rozdelenia
Obrázok č. 4.3.6	ukážka zápisu pre nájdenie kritickej hodnoty $\chi^2$ kvadrát rozdelenia pre $v = 4$
Obrázok č. 4.3.7	kritická hodnota $\chi^2$ kvadrát rozdelenia pre $v = 4$
Obrázok č. 4.3.8	výsledok BG testu pre model THK
Obrázok č. 4.3.9	graf simulácie ex post výstup z programu EViews
Obrázok č. 4.3.10	miery porovnania simulácie ex post – výstup z EViews
Obrázok č. 4.3.11	výstup z EViews modelu MZD
Obrázok č. 4.3.12	ukážka zápisu nájdenia kritickej hodnoty $t$ -štatistiky pre $v=37$
Obrázok č. 4.3.13	kritická hodnota $t$ -štatistiky pre $v=37$
Obrázok č. 4.3.14	ukážka zápisu nájdenia kritickej hodnoty $F$ -rozdelenia
Obrázok č. 4.3.15	kritická hodnota $F$ -rozdelenia
Obrázok č. 4.3.16	graf simulácie ex post – výstup z programu EViews
Obrázok č. 4.3.17	miery porovnania simulácie ex post – výstup z programu EViews
Obrázok č. 4.3.18	výstup z EViews modelu KSD
Obrázok č. 4.3.19	ukážka zápisu nájdenia kritickej hodnoty $t$ -štatistiky pre $v=39$
Obrázok č. 4.3.20	kritická hodnota $t$ -štatistiky pre $v=39$
Obrázok č. 4.3.21	ukážka zápisu nájdenia kritickej hodnoty $F$ -rozdelenia
Obrázok č. 4.3.22	kritická hodnota $F$ -rozdelenia
Obrázok č. 4.3.23	graf simulácie ex post – výstup z programu EViews
Obrázok č. 4.3.24	miery porovnania simulácie ex post – výstup z programu EViews
Obrázok č. 4.3.25	výstup z EViews modelu ZAM
Obrázok č. 4.3.26	ukážka zápisu nájdenia kritickej hodnoty $t$ -štatistiky pre $v=38$
Obrázok č. 4.3.27	kritická hodnota $t$ -štatistiky pre $v=38$
Obrázok č. 4.3.28	ukážka zápisu nájdenia kritickej hodnoty $F$ -rozdelenia
Obrázok č. 4.3.29	kritická hodnota $F$ -rozdelenia
Obrázok č. 4.3.30	graf simulácie ex post – výstup z programu EViews
Obrázok č. 4.3.31	miery porovnania simulácie ex post – výstup z programu EViews

<i>Obrázok č. 4.3.32</i>	<i>výstup z EViews modlu IM</i>
<i>Obrázok č. 4.3.33</i>	<i>ukážka zápisu nájdenia kritickej hodnoty t-štatistiky pre <math>v=38</math></i>
<i>Obrázok č. 4.3.34</i>	<i>kritická hodnota t-štatistiky pre <math>v=38</math></i>
<i>Obrázok č. 4.3.35</i>	<i>ukážka zápisu nájdenia kritickej hodnoty F-rozdelenia</i>
<i>Obrázok č. 4.3.36</i>	<i>kritická hodnota F-rozdelenia</i>
<i>Obrázok č. 4.3.37</i>	<i>graf simulácie ex post – výstup z programu EViews</i>
<i>Obrázok č. 4.3.38</i>	<i>výstup z EViews pre IM</i>
<i>Obrázok č. 4.5.1.</i>	<i>výsledok hodnôt simulácie ex ante</i>
<i>Obrázok č. 5.3.1</i>	<i>ukážka zápisu vzorca vo VBA</i>
<i>Obrázok č. 5.3.2</i>	<i>ukážka zápisov vzorcov vo VBA</i>
<i>Obrázok č. 5.3.3</i>	<i>ukážka funkčnosti makra pre názov bunky</i>
<i>Obrázok č. 5.3.4</i>	<i>ukážka zápisu príkazov na výpočet Solveru</i>
<i>Obrázok č. 5.3.5</i>	<i>ukážka funkčnosti makra pre Solver</i>
<i>Tabuľka č. 4.4.1</i>	<i>vlastné spracovanie výsledkov</i>
<i>Tabuľka č. 5.2.1</i>	<i>určenie cieľov a váh</i>
<i>Tabuľka č. 5.2.2</i>	<i>koeficienty dolných a horných hraníc exogénnych premenných</i>
<i>Tabuľka č. 5.2.3</i>	<i>vypočítané horné hranice exogénnych premenných</i>
<i>Tabuľka č. 5.2.4</i>	<i>vypočítané dolné hranice exogénnych premenných</i>
<i>Tabuľka č. 5.2.5</i>	<i>optimalizované hodnoty exogénnych premenných pre cieľ: miera nezamestnanosti</i>
<i>Tabuľka č. 5.2.6</i>	<i>hodnoty odchýlkových premenných pre cieľ miera nezamestnanosti</i>
<i>Tabuľka č. 5.2.7</i>	<i>splnenie cieľov a hodnota účelovej funkcie pri celi miera nezamestnanosti</i>
<i>Tabuľka č. 5.2.8</i>	<i>optimalizované hodnoty exogénnych premenných pre cieľ tempo rastu HDP</i>
<i>Tabuľka č. 5.2.9</i>	<i>hodnoty odchýlkových premenných pri celi tempo rastu HDP</i>
<i>Tabuľka č. 5.2.10</i>	<i>splnenie cieľov a hodnota účelovej funkcie pre cieľ tempo rastu HDP</i>

# ÚVOD

Ekonometria zohráva významnú rolu v dejinách ekonomického myslenia a v súčasnosti je tiež využívaná v mnohých oblastiach. Každý predstaviteľ tohto smeru definoval ekonometriu inak. Názory na ekonometriu sa líšili. Niektorí ju nazvali samotnou vednou disciplínou, iní ju chápali ako metodológiu využívanú v rámci ekonómie alebo ju vnímali ako sociálnu vedu. Najčastejší názor na ekonometriu je, že predstavuje plnohodnotný vedecký smer.

Modelovanie ekonometrického modelu patrí do moderného prístupu, ktorý je založený na mikroekonomických základoch. Konštrukcia makroekonomických modelov je náročný proces, v ktorom sa stretávame s množstvom obmedzení. Pomocou testovania hypotéz sa dajú tieto obmedzenia eliminovať a následne sa dá vykonať prognóza budúceho vývoja.

V diplomovej práci pracujeme s reálnymi údajmi stiahnutými so Štatistického úradu Slovenskej republiky. Diplomová práca sa celá zaoberá ekonometriou a jej poznatkami.

V práci je predstavený nie len odhad ekonometrického modelu, ale aj jeho využitie pri optimalizácii hospodárskej politiky. Prvá kapitola poskytuje definície predstaviteľov ekonometrie, opisuje skutočný stav problematiky na Slovensku po vstupe do Európskej únie a je v nej opísaný matematický prístup k ekonometrii.

V druhej kapitole je podrobnejšie rozpísaný cieľ práce. V skratke ide o zostavenie viacrovnicového modelu Slovenskej republiky, ktorý využívame pri optimalizácii hospodárskej politiky.

Tretia kapitola zahŕňa postupy, odhady parametrov a prognózy, ktoré sa dajú použiť pri konštrukcii modelu s následnou verifikáciou pri každom z nich. Všetko sa uskutočňuje cez ekonometrický program EViews.

Štvrtá kapitola popisuje samotné modelovanie, jeho postup a výsledok konečného modelu. Posledná kapitola je zameraná na optimalizáciu viacrovnicového modelu cez program Excel pomocou programovacieho jazyka VBA (Visual Basic for Applications). V optimalizácii sú stanovené ciele, ktoré chceme dosiahnuť, ako je miera nezamestnanosti, tempo rastu HDP na roky 2019 a 2020.

# 1 SÚČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

V prvej kapitole si povieme o súčasnom stave ekonomiky na Slovensku po vstupe do Európskej únie, vysvetlíme si pojmy v ekonometrii a uvedieme vybrané publikácie, ktoré sa zaoberajú optimalizáciou hospodárskej politiky.

Ekonometria siaha až do roku 1910. Za zakladateľa ekonometrie sa považuje Ragnar Frisch. Začiatky ekonometrie ako vedného odboru siahajú do roku 1930 v USA, kde bola založená Econometric Society. Vtedy definovali ekonometriu ako kvantitatívnu ekonomickú disciplínu zaoberajúcu sa meraním a empirickou verifikáciou reálneho ekonomického vzťahu a závislostí.

Veľký posun v ekonometrii predstavovalo modelovanie hospodárskeho cyklu, ktoré rozpracoval Slutsky a Frisch – ktorý ako prvý spolu s Tinbergenom v roku 1969 získali Nobelovu cenu za ekonómiu. Toto pomohlo priblížiť sa k analýze časových radov.

Klein a Goldberger sú predstaviteľmi odhadov modelov v tvare simultánnych rovníc. Po úspešnom prvom makroekonomickom modeli medzivojnovnej ekonomiky USA spustili tvorbu ekonometrických modelov ekonomík do celého sveta. Pomohli k budúcej prognóze ekonomického vývoja.

Ekonometria by sa dala zjednodušiť, podľa toho, čo tvorí toto slovné spojenie, definovať ako ekonomické meranie.

Definícia podľa Wooldridga<sup>1</sup>: „Ekonometria je založená na zdokonaľovaní štatistických metód používaných na odhad ekonomických vzťahov, testovanie ekonomických teórií a hodnotenie a implementáciu vládnej a hospodárskej politiky. Avšak najčastejšou aplikáciou ekonometrie je predikcia významných ekonomických premenných.“ (Lukáčik a Lukáčiková, 2008, s. 10)

Ekonometria je kvantitatívna ekonomická disciplína využívajúca poznatky ekonometrickej teórie, matematiky a štatistiky, pomocou ktorých opisuje, kvantifikuje a analyzuje ekonometrické javy a vzťahy. (Obtulovič, 2010, s.5)

Predstavitelia P. Samuelson, T. Koopmans a R. Stone definujú ekonometriu takto: „...kvantitatívna analýza skutočných ekonomických javov, založená na súčasnom rozvoji teórie a pozorovania, za pomoci vhodných metód štatistickej inferencie...“ (Hatrák, 2007, s.11)

---

<sup>1</sup>WOOLDRIDGE, J. M.: *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. 2.vyd Mason: Thomson South-Western, 2003.

Definícia podľa A. Goldberga<sup>2</sup>: „Ekonometriu možno definovať ako sociálnu vednú disciplínu, ktorá na analýzu ekonometrických javov používa nástroje ekonomickej teórie, matematiky a štatistickej inferencie.“ (Hatrák, 2007, s.11)

Stručná definícia podľa H. Theila: „Ekonometria sa zaoberá empirickým stanovením ekonomických zákonov.“ (Hatrák, 2007, s.11)

Problematikou optimalizácie hospodárskej politiky sa vo svojej publikácii zaoberali aj D. Blueschke, V. Blueschke-Nikolaeva and R. Neck<sup>3</sup>, ktorí popisujú optimálne riadenie malých stochastických modelov slovinskej ekonomiky pomocou algoritmu OPTCON. Tento algoritmus určuje približné numerické riešenia problémov pre dosiahnutie optimálneho riadenia nelineárnych stochastických systémov a je použiteľný najmä pri ekonometrických modeloch. Porovnávajú výsledky algoritmov pre nelineárny model Slovinska a lineárny model Slovinska. Výsledky pre oba modely sú podobné.

K. Weyerstrass, R. Neck a G. Haber<sup>4</sup> sa zaoberali dôsledkami výmenného kurzu na optimálnu menovú politiku pre Slovinsko. Použili algoritmus optimálneho riadenia na výpočet kvantitatívnej optimálnej fiškálnej a menovej politiky v prípade odlišných výmenných kurzov. Algoritmus minimalizuje medziasovú funkciu hypotetického tvorca politiky vzhľadom na obmedzenia dané ekonometrickým modelom. Obmedzenia sú dané makroekonomickým modelom slovinskej ekonomiky. Stanovenie výmenného kurzu vedie k menovej politike, ktorá je výrazne obmedzenejšia, čím sa zvyšuje úroková miera a tá vedie k nižším mieram rastu HDP, ale inflácia sa znižuje rýchlejšie. A teda výmenný kurz vytvára silný tlak na národné hospodárstvo.

E. Skakibara<sup>5</sup> sa vo svojej publikácii zaoberal dynamickou optimalizáciou hospodárskej politiky. Hovoril o modernej teórii ekonomického rastu, ktorá sa zaoberala hlavne tvorbou deterministických matematických modelov. Tento vznikajúci trend sa pripisoval trhovým faktorom. Po prvé, získanie numerického riešenia dynamických modelov bolo vždy veľmi jednotvárne. Po druhé, keď sa musia štatisticky odhadnúť všetky základné

---

<sup>2</sup>GOLDBERGER, A. S.: *Econometric Theory*. New York: John Wiley, 1964.

<sup>3</sup> BLUESCHKE D., BLUESCHKE-NIKOLAEVA V., NECK R.: *Stochastic Control of Econometric Models for Slovenia*. Alpen-Adria-Universität Klagenfurt, 2013

<sup>4</sup> WEYERSTRASS K., NECK R., HABER G.: *Optimal monetary and fiscal policies of Slovenia under flexible and fixed exchange rates*. Department of Economics, University of Klagenfurt, 2000, 65-67s. ISSN 1435-246X

<sup>5</sup> SAKAKIBARA E.: *Dynamic Optimization and Economic Policy*. The American Economic Review, 1970, 826-836, <https://www.jstor.org/stable/1818283?seq=1>

skutočnosti typického modelu rastu, vyskytne sa veľa problémov, na ktoré mnohokrát neexistujú uspokojivé riešenia. Počítače umožňujú numericky riešiť pomerne komplikované problémy s dynamickou optimalizáciou. Na dosiahnutie zmysluplných výsledkov je potrebné rozšíriť typický model rastu začlenením sektora agregovaného dopytu a zahraničného sektora. Vďaka takémuto spôsobu je možné uvažovať o stabilizácii a platobnej bilancii súčasne s otázkami týkajúcimi sa rastu.

J. E. Alt a T. Woolley<sup>6</sup> uviedli, že hlavným záujmom politického výskumu je rozpoznanie dôsledkov činov prenechaných na voľné uváženie orgánov a ich odlíšenie od obmedzení, v rámci ktorých pôsobia. Vo výskume hospodárskej politiky sa zdalo, že reakčné funkcie, široká trieda modelov s jednou rovnicou, poskytujú pohľad na tento problém. Reakčné funkcie však zdieľajú mnohé nástrahy empirického využívania optimalizačných modelov politiky a osobitné ťažkosti sa spájajú s oddelením výsledkov preferencií od obmedzení. Použitie reakčných funkcií v porovnávacom výskume tento problém zväčšuje. Napriek tomu takýto prístup funkcii predstavuje atraktívny rámec, ktorý zahŕňa mnohé tradičné obavy z výskumu hospodárskej politiky, za predpokladu, že veľká pozornosť bude venovaná výberu testovania hypotéz.

D. Blueschke, K. Weyerstrass a R. Neck<sup>7</sup> vo svojom článku používajú model na výpočet simulácii vývoja slovinskej ekonomiky do roku 2030. Od súčasných priaznivých vyhliadok európskych ekonomík je prognóza veľmi optimistická, ale napriek tomu ju možno vylepšiť optimálnou fiškálnou politikou. Ak by došlo k negatívnemu otrasu svetového obchodu, ktorý je porovnateľný s veľkou recesiou, bude to mať za následok pokles HDP a pomalé oživenie ekonomiky. V tomto prípade by optimálna fiškálna politika nemala pôsobiť expanzívne, pretože účinnosť fiškálnej politiky, pokiaľ ide o produkciu a zamestnanosť, je v malom otvorenom hospodárstve pomerne obmedzená.

Podľa V. Mlynaroviča: „Prognostická aplikácia umožňuje formovať makroekonomickú politiku pre nasledujúce obdobia na základe odhadnutého ekonometrického modelu a na základe určitých predpokladov o exogénnych premenných.

---

<sup>6</sup> ALT J.E., WOOLLEY T.: *Reaction Functions, Optimization and Politics: Modelling the Political Economy of Macroeconomic Policy*. American Journal of Political Science, Vol.26, No.4, November 1982, <https://www.jstor.org/stable/2110969?seq=1>

<sup>7</sup> BLUESCHKE D., WEYWESTRASS K., NECK R.: *Budget consolidation in a small open economy: a case study for Slovenia*. Post-Communist Economies, Volume 31, 2019, 325-348 s. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14631377.2018.1537735>

Na základe odhadnutého ekonometrického modelu a hodnôt exogénnych premenných sa potom stanovujú výsledné hodnoty endogénnych premenných – makroekonomických ukazovateľov. Pri optimalizačnom prístupe sa využívajú aj metódy a techniky viackriteriálnej optimalizácie.<sup>8</sup>

## 1.1 Stav ekonomiky po vstupe do Európskej únie

Slovenská republika vstúpila do Európskej únie 01. 05. 2004 a 01. 01. 2009 sme prijali jednotnú menu euro. Uplynulo už veľa rokov a naša ekonomika sa výrazne zmenila. Vykonali sa zmeny v štruktúre ekonomiky, vyvíjal sa trh práce a verejných financií, zefektívnenie hospodárskej politiky v rámci štátov Európskej únie. Kľúčový faktor hospodárskej reformy je integrácia do Európskej únie a eurozóny. Naša hospodárska politika sa tak dostala pod veľký vplyv týchto dvoch zoskupení. Tak isto na vonkajšie fungovanie ekonomiky Slovenska má vplyv vonkajšie ekonomické prostredie, t. j. Hospodárska a menová únia, ktoré sú súčasťou Európskej únie.

Povieme si o kľúčových faktoch a zaujímavých ekonomických javoch a trendoch, ktoré sa udiali za posledné roky. Nastal voľný pohyb tovarov a služieb aj osôb, tak isto sa zväčšila ponuka výrobkov. Omnoho viac je možností pre podnikateľov, dá sa pracovať, študovať a aj cestovať do zahraničia.

Od vstupu Slovenskej republiky do Európskej únie vzrástla priemerná nominálna mzda viac ako ceny. Na druhej strane dlh oboch sektorov (verejného aj súkromného) vzrástol. Po prijatí jednotnej meny eura sa Slovenskej republike podarilo znížiť transakčné náklady a zabezpečiť vyššiu cenovú transparentnosť a eliminovať kurzové riziko voči euru. Predpokladal sa vyšší nárast zahraničného obchodu, ktorý sa aj naplnil.

Nepriaznivý vplyv po zavedení eura je vyšší nárast cien a strata suverénnej menovej politiky a so vstupom do Európskej únie nám vznikla ďalšia nevýhoda a to spoluzodpovednosť za dlhy ostatných členských štátov.

Vstupom do Európskej únie bol výrazne ovplyvnený aj export do zahraničných krajín. Export priaznivo stúpol, čo môžeme vidieť nielen pri našom štáte, ale pri všetkých krajinách, ktoré vstúpili do Európskej únie. Keď sa pozrieme na prijaté kapitálové transfery, ktoré sa dávajú do pomeru s hrubými úsporami reprezentujúcimi domáce zdroje, ktoré slúžia na obnovu kapitálu a tvorbu nového majetku, tak zistíme, že tvoria relevantný zdroj tvorby

---

<sup>8</sup> CHAJDIK J., IŠTVÁNIKOVÁ A. *Metódy prognózovania ekonometrického vývoja – regresné a ekonometrické modelovanie*. Bratislava: STATIS, 2001, 142 s. ISBN 80- 85659-22-0.



majetku Slovenskej republiky. Vďaka prekročeniu objemu čistých úspor tvoria nenahraditeľný zdroj tvorby nového majetku v slovenskej ekonomike.

Ekonomika Slovenskej republiky po vstupe do Európskej únie vzrástla približne o polovicu úrovne, dynamika cenovej hladiny sa pomaly približuje k dynamike, ktorá je typická pre ekonomicky vyspelé krajiny.

Ak sa pozrieme na služby, tie sa rozvíjali pomalšie ako priemysel Slovenska, ale zato zamestnanosť v službách začala rásť oproti zamestnanosti v priemysle. Do spracovateľského priemyslu nastal veľký prísun priamych zahraničných investícií a to vďaka zvýšenému exportu do zahraničia.

Ak by sme sa pozreli na sektor vzdelávania a investícií, zistili by sme, že je malá spolupráca pri inovácii v spojení s verejným sektorom. Chýba spojenie medzi akademickým sektorom a priemyslom. Tento fakt nás ako štát brzdi pri úspešnom rozvíjaní sa vyspelej ekonomiky. Upraviť sa to dá hlavne zásadnými vyučovacími zmenami na všetkých stupňoch školstva.

Nezamestnanosť na Slovensku nás zaradila do poslednej časti tabuľky ku krajinám s najvyššou nezamestnanosťou patriacich do Európskej únie. K jej náprave by prispel udržateľný ekonomický rast, t. j. rast produktivity a nárast pracovných miest. Ak by naša krajina dokázala zabezpečiť priaznivé podmienky pre život na Slovensku, klesla by migrácia do zahraničia, čo by tiež mohlo pomôcť ekonomike.

Po vstupe do Európskej únie nám začal narastať hrubý dlh verejnej správy. Je potrebné zefektívniť výdavky a stabilizovať daňový a dôchodkový systém Slovenskej republiky<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup>ŠIKULOVÁ I. a kol. *Slovenská ekonomika: desať rokov členstva v Európskej únii, Vybrané témy a problémy*. Bratislava: Slovenskej akadémie vied, 2014. ISBN 978-80-7144-228-8.

## 2 CIEĽ PRÁCE

Cieľom diplomovej práce je namodelovanie rovníc a odhad viacrovnícového ekonometrického modelu Slovenskej republiky a optimalizácia na jeho základe. V jednotlivých rovniciach vystupujú ako endogénne premenné tvorba hrubého kapitálu, priemerná hrubá nominálna mzda, konečná spotreba domácností, počet zamestnaných na Slovensku, import tovarov a služieb, produktivita práce, disponibilný príjem, hrubý domáci produkt, počet nezamestnaných na Slovensku. Exogénne premenné sú konečná spotreba verejnej správy, export tovarov a služieb, ekonomicky aktívne obyvateľstvo, daňové príjmy.

Prvým cieľom je odhad rovníc, ktoré majú štatisticky významné parametre, aj model ako celok je štatisticky významný. Zvolené rovnice budú očistené o autokoreláciu. Pre správne testovanie rovníc sme sa oboznámili s potrebnou teóriou, ktorú uvádzame v tretej kapitole. Na záver sa spraví simulácia ex post za posledné štyri obdobia. Tieto simulácie budú slúžiť ako začiatok pre splnenie druhého cieľa. Modelovanie bude spravené cez ekonometrický program EViews.

Druhým cieľom je vykonať optimalizáciu hospodárskej politiky na nami namodelovanom ekonometrickom modeli Slovenskej republiky, ktorá sa uskutoční cez MS Excel v programovacom jazyku VBA s použitím doplnku Riešiteľ.

### 3 METODIKA PRÁCE A POSTUPY VÝPOČTOV

V tejto práci sme odhadovali ekonometrické modely na základe časových radov. Časové rady opisujú vývoj konkrétnej premennej za sledované časové obdobie. Prítomnosť časových posunov medzi premennými nám hovorí o zložitej dynamickej štruktúre a má za cieľ zobrazenie reálneho systému. Ekonometrický model pozostáva zo stochastických rovníc a identít. Pri ekonometrických modeloch môžeme hovoriť o jednorovnicových a viacrovnicových lineárnych ekonometrických modeloch<sup>10</sup>.

#### 3.1 Jednorovnicový ekonometrický model

Jednorovnicový lineárny ekonometrický model zachytáva iba jednu fázu ekonomickej činnosti a vysvetľuje správanie sa danej veličiny, vysvetľovanej teda závislej premennej od vysvetľujúcich teda nezávislých premenných. V modeli vystupuje okrem nezávislých premenných aj náhodná zložka, ktorá znázorňuje stochastickú časť modelu.

Závislá premenná – vysvetľovaná premenná sa označuje symbolom  $y$  a nezávislé premenné – vysvetľujúce sa označujú symbolom  $x_1, x_2, \dots, x_k$ , kde  $k$  označuje  $k$ -tu vysvetľujúcu premennú a náhodná zložka sa označuje symbolom  $u$ <sup>5</sup>.

Všeobecný tvar jednorovnicového modelu:

$$y_t = f(x_{t1}, x_{t2}, \dots, x_{tk}, u_t),$$

kde

$n$  – počet pozorovaní,

$k$  – počet vysvetľujúcich premenných,

$y_t$  – vysvetľovaná premenná,  $t = 1, \dots, n$

$x_{ti}$  – vysvetľujúce premenné,  $i = 1, \dots, k$

$u_t$  – náhodná zložka [2]

Jednorovnicový lineárny ekonometrický model môžeme zapísať aj v tvare s označením parametrov pomocou  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_t$ . Skutočné hodnoty parametrov odhadujeme pomocou bodového odhadu alebo intervalového odhadu, pretože skutočné hodnoty sú neznáme. Podstatou je nájsť hodnotu parametra, ktorá sa čo najviac približuje k skutočnej hodnote. Zápis ekonometrického jednorovnicového modelu pomocou parametrov  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_t$ :

---

<sup>10</sup>IVANIČOVÁ Z., CHOCHOLATÁ M., SURMANOVÁ K. *Ekonometrické modelovanie*. Bratislava: EKONÓM, 2012, 352 s. ISBN 978-80-225-3381-2.

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{t1} + \dots + \beta_k x_{tk} + u_t$$

kde

$x_{ij}$  –  $i$ -te pozorovanie  $j$ -tej premennej  $x_1, x_2, \dots, x_k$ ,  $i=1, 2, \dots, n$  a  $j=1, 2, \dots, k$  [1]

### 3.2 Viacrovnícový ekonometrický model

Viacrovnícový lineárny ekonometrický model zachytáva viac ako jednu fázu ekonomickej činnosti. Oproti jednorovnicovému ekonometrickému modelu, ktorý má len jednosmerné väzby, viacrovnícový ekonometrický model je charakteristický previazanosťou premenných v modeli. Simultánnosť nám popisuje ako jedna ekonomická veličina je v jednom modeli z rovníc v postavení vysvetľovanej a v inom modeli prezentuje vysvetľujúcu premennú. Je vyjadrený ako sústava rovníc. Simultánny model poskytuje dôveryhodné informácie o vzťahoch medzi fázami ekonomického obehu. Nehovoríme tu iba o vysvetľovaných a vysvetľujúcich premenných, ale premenné už delíme na endogénne premenné – môžu byť súčasne vysvetľujúce aj vysvetľované podľa charakteru simultánnosti a ich hodnoty vieme vypočítať z modelu na základe zvolenej rovnice, a predeterminované premenné – medzi ktoré patria exogénne premenné, ktoré vstupujú z vonku do modelu a časovo oneskorené endogénne premenné.

Medzi viacrovnícové ekonometrické modely patrí takzvaný model SUR – model so zdanlivo nesúvisiacimi regresiami. Takýto model predstavuje spojenie viac jednorovnicových ekonometrických modelov do jedného viacrovnícového ekonometrického modelu.

Predpokladáme, že prierezové jednotky, ktoré sú obsiahnuté v rovniciach, ovplyvňujú rovnaké alebo podobné faktory, vďaka tomu, že pôsobia v rovnakom alebo podobnom prostredí. Tieto spomínané faktory sú zakomponované v modelových rovniciach pomocou náhodných zložiek. Odhadujeme, že nebude existovať priamy vplyv medzi prierezovými jednotkami, ale všetky sú determinované prostredím, v ktorom pôsobia<sup>11</sup>.

Model SUR môžeme zapísať nasledovne:

$$y_{it} = \beta_{0i} + \beta_{1i}x_{1,it} + \beta_{2i}x_{2,it} + \dots + \beta_{ki}x_{k,it} + u_{it}$$

pre  $i = 1, 2, \dots, m$  a  $t = 1, 2, \dots, n$ .

$m$  - prierezové jednotky

$k$  - vysvetľujúce premenné

$i$  - vyjadruje prierezovú jednotku

<sup>11</sup>IVANIČOVÁ Z., CHOCHOLATÁ M., SURMANOVÁ K. *Ekonometrické modelovanie*. Bratislava: EKONÓM, 2012, 352 s. ISBN 978-80-225-3381-2.

$t$  - čas [1]

Pri našom modelovaní sa stretneme so sústavami simultánnych rovníc, ktoré obsahujú dva typy rovníc. Prvý typ sú *stochastické rovnice* – rovnice správania sa alebo behaviorálne rovnice, obsahujú náhodnú zložku, ktorá reprezentuje stochastickú časť rovnice. Druhý typ rovníc sú *identity*. Identity neobsahujú náhodnú zložku a v mnohých prípadoch znázorňujú vzťah spätných väzieb.

Všeobecný tvar zápisu lineárneho modelu sústavy simultánných rovníc pre t-te pozorovanie je:

$$\begin{aligned} \gamma_{11}y_{t1} + \gamma_{21}y_{t2} + \dots + \gamma_{G1}y_{tG} + \beta_{11}x_{t1} + \beta_{21}x_{t2} + \dots + \beta_{K1}x_{tK} &= u_{t1} \\ \gamma_{12}y_{t1} + \gamma_{22}y_{t2} + \dots + \gamma_{G2}y_{tG} + \beta_{12}x_{t1} + \beta_{22}x_{t2} + \dots + \beta_{K2}x_{tK} &= u_{t2} \\ &\vdots \\ \gamma_{1G}y_{t1} + \gamma_{2G}y_{t2} + \dots + \gamma_{GG}y_{tG} + \beta_{1G}x_{t1} + \beta_{2G}x_{t2} + \dots + \beta_{KG}x_{tK} &= u_{tG} \end{aligned}$$

kde

$G$  - počet lineárnych rovníc

$G$  - počet endogénných premenných  $(y_1, y_2, \dots, y_G)^T$ ,

$K$  - počet predeterminovaných premenných  $(x_1, x_2, \dots, x_G)^T$ ,

$G$  - počet náhodných zložiek štruktúrovaného modelu  $(u_1, u_2, \dots, u_G)_t^T$ ,

$t$  - predstavuje  $t$  -te pozorovanie,  $t = 1, 2, \dots, n$ ,  $n$  - počet pozorovaní

$y_{tG}$  - štruktúrálny parameter v G-tej endogénnej premennej pre t-te pozorovanie

 $x_{tK}$  - parameter v K-tej predeterminovanej premennej pre t-te pozorovanie

Vlastnosti náhodných zložiek, ktoré sú súčasťou modelu lineárnych simultánných rovníc majú normálne rozdelenie<sup>12</sup>.

### 3.3 Metóda odhadu parametrov pomocou metódy najmenších štvorcov

Na odhad parametrov modelu sme použili metódu najmenších štvorcov. Najjednoduchšia je jednoduchá MNŠ (metóda najmenších štvorcov, ďalej budeme používať túto skratku) na odhad parametrov modelu v tvare simultánnych rovníc. Pri MNŠ môže výsledok viesť k skresleným a nekonzistentným výsledkom. Simultánne rovnice obsahujú

<sup>12</sup>IVANIČOVÁ Z., CHOCHOLATÁ M., SURMANOVÁ K. *Ekonometrické modelovanie*. Bratislava: EKONÓM, 2012. 352 s. ISBN 978-80-225-3381-2.

na pravej strane rovnice predeterminované premenné, ktoré nie sú korelované s náhodnými zložkami redukovaného tvaru modelu – možnosť vzniku konzistentného výsledku.

Metóda odhadu parametrov modelov pre simultánne rovnice možno rozdeliť na dve skupiny:

- Jednorovnicová metóda odhadu rovníc - hovorí o tom, že parametre jednotlivých rovníc modelu sa odhadujú samostatne, využíva sa pri nich iba objem dát poskytnutý v konkrétnej rovnici. Hovorí sa jej aj metóda s neúplnými informáciami. Patria sem:
  - dvojstupňová MNŠ,
  - metóda maximálnej vierohodnosti s neúplnými informáciami,
  - metóda inštrumentálnych premenných,
  - MNŠ pre rekurzívne modely,
  - nepriama MNŠ pre presne identifikované rovnice.
- Systémová metóda odhadu rovníc - je typická tým, že berie do úvahy všetky informácie zo všetkých rovníc modelu. Všetky rovnice sú odhadované simultánne. Ide o metódu s úplnými informáciami. Patrí sem:
  - trojstupňová MNŠ,
  - metóda maximálnej vierohodnosti s úplnými informáciami<sup>13</sup>.

Model budeme odhadovať pomocou dvojstupňovej metódy najmenších štvorcov. Je využívaná s cieľom získavania konzistentných a efektívnych odhadov. Táto metóda nám poskytuje estimátory o závislej premennej rovnice, o predeterminovaných premenných zahrnutých v rovnici a o odhadnutých hodnotách vysvetľujúcich premenných (endogénnych) na základne  $n$  pozorovaní, ktoré sme vykonali. Ako nám už hovorí samotný názov, pozorovanie bude prebiehať v dvoch stupňoch. Prvý hovorí o odhadovaní parametrov redukovanej formy pre vysvetľujúce premenné (endogénne) rovnice, z ktorých sa vypočítajú vyrovnané hodnoty premenných a dosadia sa do štruktúrovanej rovnice. Tieto vyrovnané hodnoty vysvetľujúcich premenných (endogénnych) už sú korelované s náhodnými zložkami. A v druhom stupni sa už použije priamo na odhad parametrov upravená štrukturálna rovnica. Pomocou dvojstupňovej metódy najmenších štvorcov sa dajú odhadovať okrem preidentifikovaných rovníc aj presne identifikované rovnice<sup>14</sup>.

---

<sup>13</sup>IVANIČOVÁ Z., CHOCHOLATÁ M., SURMANOVÁ K. *Ekonometrické modelovanie*. Bratislava: EKONÓM, 2012, 352 s. ISBN 978-80-225-3381-2.

<sup>14</sup>HATRÁK M. *Ekonometria*. Bratislava: Iura Edition, 2007, 503 s. ISBN 978-80-8078-150-7

Pri jednorovnicových metódach odhadu ako je jednoduchá MNŠ, prichádza k skresleným výsledkom a nekonzistentným odhadom. Pri dvojstupňovej MNŠ a LM teste prichádza ku konzistentným odhadom. Pre jednorovnicové modely je známe, že čerpajú informácie z malého výberu a keď príde k chybnjej špecifikácii, má to dopad aj na odhad parametrov danej rovnice a nie celého modelu.

Ďalej boli spomenuté aj systémové metódy odhadu ako je trojstupňová MNŠ a metóda maximálnej vierohodnosti s úplnými informáciami. Tieto metódy poskytujú efektívne odhady. Systémové rovnice sú zložitejšie na výpočet oproti jednorovnicovým modelom a vyznačujú sa veľkým výberom informácií, čo môže viesť k chybnjej špecifikácii a má to dopad na celkovú kvalitu odhadu parametrov celého modelu.

### 3.4 Testovanie simultánnosti

Využívame nasledujúcu hypotézu:

$H_0$ : simultánnosť (korelácia) neexistuje

$H_1$ : simultánnosť (korelácia) existuje

Dané testovanie sa považuje za dôležité, keďže odhady, ktoré získame pri MNŠ, môžu byť skreslené a nekonzistentné. Pri tejto metóde predídeme riziku, že ak by bola neexistencia simultánnosti, naše získané odhady by boli síce konzistentné, ale nie efektívne.

Postup testovania simultánnosti:

- najskôr si odhadneme parametre, ktoré sú redukované v modeli, zaznamenáme si vyrovnané hodnoty endogénnych premenných  $\hat{Y}_t$  a k nim zodpovedajúce reziduály  $\hat{v}_t$ ,
- následne musíme spraviť substitúciu skutočných hodnôt  $Y_t$  vo vzťahu k  $i$ -tej rovnici štruktúrnej formy modelu a odhadneme MNŠ:  $y_{ti} = \hat{Y}_{ti}\gamma_i + \hat{v}_{ti}\gamma_i + X_{ti}\beta_i + u_{ti}$ ,
- na záver budeme testovať štatistickú významnosť parametrov pri premenných  $\hat{v}_{ti}$  pomocou t-testu alebo F-testu. Ak nastane štatistická významnosť parametrov, môžeme zamietnuť nulovú hypotézu a potvrdiť prítomnosť simultánnosti.

Poznáme niekoľko testov v modeli simultánnych rovníc:

- testovanie vynechania predeterminovaných premenných z konkrétnej preidentifikovanej rovnice,

- testovanie autokorelácie náhodných zložiek modelu,
- testovanie simultánnosti premenných zahrnutých do modelu simultánnych rovníc,
- testovanie exogenity premenných zahrnutých do modelu simultánnych rovníc.

### 3.5 Testovanie vynechania predeterminovaných premenných z konkrétnej preidentifikovanej rovnice

Pri danom testovaní sa využívajú nasledovné hypotézy:

$H_0$ : vhodne vynechané predeterminované premenné

$H_1$ : nevhodne vynechané predeterminované premenné

Najznámejšie testovanie hypotéz je test *LM – Lagrangeových multiplikátorov*. Využívame nasledovnú postupnosť krokov:

- odhadovanie parametrov osobitných rovníc systému niektorou zo skupín metód s neúplnými informáciami a zaznamenávame reziduály<sup>15</sup>,
- po predchádzajúcom kroku prichádza k využitiu reziduálov s vykonaním regresie ako vysvetľovanej premennej a všetkých predeterminovaných premenných modelu zahrňajúc konštanty ako vysvetľujúcich premenných a zaznamenávajú hodnotu koeficienta determinácie  $R^2$ ,
- tvar LM štatistiky:

$$LM = nR^2 \sim \chi^2(K - k_i - g_i + 1)$$

kde

$\chi^2$  - kritická hodnota rozdelenia.

Pri zvolenej hladine významnosti porovnávame kritickú hodnotu rozdelenia s hodnotou LM štatistiky. Podľa výsledkov prijímame hypotézu  $H_0$  alebo  $H_1$ .

### 3.6 Testovanie autokorelácie náhodných zložiek modelu

Poznáme rôzne testy na zisťovanie prítomnosti autokorelácie v modeloch. V našej diplomovej práci sme použili Breuschov – Godfreyho (BG) všeobecný test autokorelácie. Zvykne sa používať pri stochastických regresoroch a pri autoregresných schémach vyšších

---

<sup>15</sup>IVANIČOVÁ Z., CHOCHOLATÁ M., SURMANOVÁ K. *Ekonometrické modelovanie*. Bratislava: EKONÓM, 2012, 352 s. ISBN 978-80-225-3381-2.



rádov. Poznáme ho pod názvom Lagrange Multiplier test (LM-test). Všeobecný zápis modelu:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{t1} + \beta_2 X_{t2} + \dots + \beta_k X_{tk} + u_t$$

Autoregresná schéma  $r$ -tého rádu AR( $r$ ):

$$u_t = \rho_1 u_{t-1} + \rho_2 u_{t-2} + \dots + \rho_r u_{t-r} + \varepsilon_t$$

kde  $\varepsilon_t$  je náhodná veličina s normálnym rozdelením  $\varepsilon_t \approx N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ .

Pri danom testovaní sa využívajú nasledovné hypotézy:

$$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \dots = \rho_r = 0$$

$$H_1: \text{aspoň jedno } \rho_i \neq 0$$

Postupnosť krokov pri testovaní:

- model odhadneme pomocou dvojstupňovej MNŠ a zapíšeme reziduály zodpovedajúce výsledku<sup>16</sup>,
- v nami zapísanej autoregresnej schéme  $r$ -tého rádu si nahradíme náhodné poruchy reziduálmi a aj vďaka zakomponovanej vysvetľujúcej premennej  $X$  dostaneme pomocnú regresiu:

$$e_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{t1} + \dots + \alpha_k X_{tk} + \rho_1 e_{t-1} + \rho_2 e_{t-2} + \dots + \rho_r e_{t-r} + \varepsilon_t$$

- vypočítame koeficient determinácie  $R^2$  odhadu parametrov pomocnej regresie. Máme zvolené kritérium  $(n-r)R^2$ , ktoré platí pri nulovej hypotéze  $\chi^2$ -rozdelenia s  $r$  stupňami voľnosti. Ak platí  $(n-r)R^2 > \chi^2(r)$ , tak zamietame nulovú hypotézu<sup>17</sup>.

### 3.7 Testovanie exogenity

Pri danom testovaní využívame hypotézu:

$$H_0: \text{premenné } Y_{it} \text{ sú exogénne}$$

$$H_1: \text{premenné } Y_{it} \text{ sú endogénne}$$

<sup>16</sup>IVANIČOVÁ Z., CHOCHOLATÁ M., SURMANOVÁ K. *Ekonometrické modelovanie*. Bratislava: EKONÓM, 2012, 352 s. ISBN 978-80-225-3381-2.

<sup>17</sup>doc. Ing. OBTULOVIC P. CSc. *Ekonometria*. Nitra: SPU, 2010, 174 s. ISBN 978-80-552-0389-8.

Zostavenie modelu pozostáva zo správneho rozdelenia exogénnych a endogénnych premenných. Pomocou daného testovania zistíme, či sú premenné správne rozdelené. Postupnosť krokov pri testovaní:

- najskôr odhadneme parametre redukovanej formy modelu a následne zaznamenáme vyrovnané hodnoty endogénnych premenných  $\hat{Y}_t$ ,
- parametre rovnice odhadneme pomocou MNŠ:  $y_{ti} = Y_{ti}\gamma_i + \hat{Y}_{ti}\kappa_i + X_{ti}\beta_i + u_{ti}$ ,
- na záver budeme testovať štatistickú významnosť parametrov pri premenných  $\kappa_i$  pomocou t-testu alebo F-testu. Ak nastane štatistická významnosť parametrov, môžeme zamietnuť nulovú hypotézu a potvrdiť endogénnosť premenných<sup>18</sup>.

### 3.8 Testovanie hypotéz o štatistickej významnosti parametrov lineárneho modelu

Pri tomto testovaní je cieľom zistiť, či premenné zahrnuté v modeli sú štatisticky významné alebo nie. Je to jeden z prvých krokov, ktorý nám povie o tom, či v testovaní modelu pokračovať alebo nájsť iné významnejšie parametre. Tak isto ako v predchádzajúcich hypotézach aj tu budeme testovať nulovú hypotézu oproti alternatívnej hypotéze. Testovaciu štatistiku porovnávame s kritickou hodnotou a rozhodneme o prijatí alebo zamietnutí hypotéz. Pre každý parameter sa testovanie robí zvlášť. Ako prvý krok je zvoliť si hladinu významnosti  $\alpha$ . Formulácia hypotéz:

$H_0: \beta_i = 0$  – parameter nie je štatisticky významný

$H_1: \beta_i \neq 0$  – parameter je štatisticky významný

Testovacia štatistika:  $t_i = \frac{\hat{\beta}_i - \beta_i}{s\hat{\beta}_i} = \frac{\hat{\beta}_i}{s\hat{\beta}_i}$ .

Kritická hodnota:  $t_{\alpha/2}(n - k - 1)$ .

Porovnávame  $|t_i| > t_{\alpha/2} \rightarrow$  zamietame  $H_0$ , prijímame  $H_1$ .

Ďalej sa používa interval spoľahlivosti pre  $t$ :  $P(-t_{\alpha/2} \leq t_i \leq t_{\alpha/2}) = 1 - \alpha$ , kde keď upravíme nerovnosti dostaneme:  $P(\hat{\beta}_i - t_{\alpha/2} \cdot s\hat{\beta}_i \leq \beta_i \leq \hat{\beta}_i + t_{\alpha/2} \cdot s\hat{\beta}_i) = 1 - \alpha$ , podmienka je, aby skutočná hodnota parametru  $\beta_i$  bola v intervale, teda parameter je štatisticky významný. V opačnom prípade, ak by sa  $\beta_i$  nachádzala mimo intervalu, musíme

<sup>18</sup>IVANIČOVÁ Z., CHOCHOLATÁ M., SURMANOVÁ K. *Ekonometrické modelovanie*. Bratislava: EKONÓM, 2012, 352 s. ISBN 978-80-225-3381-2.

potvrdiť nulovú hypotézu a parameter sa stáva štatisticky nevýznamným. Ak nastane nevýznamnosť parametra, znamená to, že skutočný parameter  $\beta_i$  má nevýznamný vplyv exogénnej premennej na endogénnu premennú, preto je ju potrebné odstrániť z modelu a pokúsiť sa nájsť inú exogénnu premennú, ktorá bude mať významný vplyv na endogénnu premennú<sup>19</sup>.

### 3.9 Testovanie významnosti modelu ako celku

Po úspešnom otestovaní štatistickej významnosti jednotlivých parametrov modelu sa môže prejsť k testovaniu významnosti modelu ako celku. Formulácia hypotéz:

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$  – model ako celok nie je štatisticky významný

$H_1: \exists$  aspoň jedno  $\beta_i \neq 0$  – model ako celok je štatisticky významný

Testovacia štatistika:  $F_R = \frac{\frac{R^2}{k}}{\frac{1-R^2}{n-k-1}}$ .

Kritická hodnota:  $F_\alpha(k, n - k - 1)$ .

Porovnáваме  $F_R > F_\alpha \rightarrow$ , zamietame  $H_0$ , a prijímame  $H_1$  – model ako celok je štatisticky významný. Tak isto platí ak  $R^2$  je väčšie ako 0,9, model je štatisticky významný<sup>20</sup>.

### Koeficient determinácie $R^2$

Je miera kvality vyrovnaní. Pomocou koeficientu determinácie sa zisťuje, ako tesne súvisia skutočné hodnoty  $y$  a vyrovnané hodnoty  $\hat{y}$ . Vhodné ho je použiť na porovnanie modelov. Interval nadobudnutie hodnôt je 0 až 1. Platí, čím je bližšie k 1, tým odhadnutý model lepšie vystihuje dáta.

### 3.10 Prognózovanie lineárneho modelu

Jeden z hlavných cieľov ekonometrického modelovania je prognózovanie hodnôt endogénnych premenných, ktoré sú mimo intervalu, ktorý je kvantifikovaný na základne  $n$  pozorovaní. Prognózovať môžeme vývoj modelu minulého obdobia aj budúceho. Aplikácia je zameraná na vnútorné vzťahy modelového systému aj na tvorbu alternatívnych scenárov. Už pred samotným odhadovaním sa dá predpokladať, aké hodnoty môže parameter dosahovať.

---

<sup>19</sup> HATRÁK M. *Ekonometria*. Bratislava: Iura Edition, 2007, 503 s. ISBN 978-80-8078-150-7

<sup>20</sup> doc. Ing. OBTULOVICH P. CSc. *Ekonometria*. Nitra: SPU, 2010, 174 s. ISBN 978-80-552-0389-8.

„*Ekonomická prognóza alebo predpoveď je kvantifikovaným odhadom pravdepodobnosti budúcej hodnoty konkrétnej ekonomickej veličiny pomocou minulej aj súčasnej informácie, reprezentovanej odhadnutým modelom.*“ (Obtulovič, 2010, s. 141)

Rozlišujeme prognózu *ex post* a *ex ante*.

*Ex post* prognóza endogénnej vysvetľovanej premennej je prognóza do minulosti. Porovnávame odhadnuté hodnoty so skutočnými hodnotami endogénnej premennej a vieme určiť na koľko je ekonometrický model vhodný k prognóze.

*Ex ante* prognóza endogénnej vysvetľovanej premennej je prognóza do budúcnosti. Nie sú známe hodnoty exogénnych premenných ani predeterminovaných premenných. Prognóza pri viacrovnicovom modeli vychádza k redukovaného tvaru modelu:

$$\vec{y}_t^T = \vec{y}_{t-1}^T \prod_1 + \vec{z}_t^T \prod_2 + \vec{v}_t^T$$

kde:

$\vec{y}_t^T$  - je  $G$ -rozmerný vektor endogénnych vysvetlených premenných, ktorých hodnoty chceme prognózovať,

$\vec{y}_{t-1}^T$  - je vektor endogénnych vysvetlených časovo oneskorených premenných o jedno obdobie,

$\vec{z}_t^T$  - je  $k$ -rozmerný vektor exogénnych vysvetľujúcich premenných,

$\vec{v}_t^T$  - je vektor stochastických porúch redukovaného tvaru modelu.

Pri prognóze môže prísť k chybám. To, že jednotlivé rovnice ekonometrického modelu majú dobre priam veľmi dobré testovacie štatistiky, ešte nezaručuje, že nami zvolený model bude ako celok vykazovať uspokojivé prognózy. Existujú rôzne miery chýb prognózy, medzi najčastejšie používané patria RMS (Root Mean Square) – odmocnina strednej štvorcovej chyby simulácie, PRMS – percentuálna relatívna miera simulácie, MSE (Mean Simulation Error) – priemerná chyba simulácie, MSAE (Mean Simulation Absolute Error) – priemerná absolútna chyba simulácie, MAPE (Mean Abs. Percent Error) – priemerná absolútna percentuálna chyba simulácie a PMSE – priemerná percentuálna chyba simulácie.

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{S} \sum (Y_t^s - Y_t)^2}$$

$$PRMS = \sqrt{\frac{1}{S} \sum \left(\frac{Y_t^s - Y_t}{Y_t}\right)^2}$$

$$MSE = \frac{1}{S} \sum (Y_t^s - Y_t)$$

$$MSAE = \frac{1}{S} \sum |Y_t^s - Y_t|$$

$$MAPE = \frac{1}{S} \sum \frac{|Y_t^s - Y_t|}{Y_t}$$

$$PRMS = \frac{1}{S} \sum \left(\frac{Y_t^s - Y_t}{Y_t}\right)$$

kde:

$Y_t^s$  - je simulovaná hodnota endogénnej vysvetlenej premennej,

$Y_t$  - je skutočná hodnota premennej,

$S$  – je počet období simulácie.

Tieto miery chýb sú veľmi dobrou pomocou pri zisťovaní a hodnotení kvality prognostickej aplikácie modelu. O potrebe modifikácie modelu poskytuje informácie analýza miery zhody skutočných a simulovaných hodnôt endogénnych vysvetlených premenných<sup>21</sup>.

### 3.11 Cieľové programovanie

Pomocou cieľového programovania sa dá určiť prípustná alternatíva, ktorá sa čo najviac bude približovať k stanovenému cieľu zadanej úlohy. Pri úlohách cieľového programovania sa používajú odchýlkové premenné, ktoré sú špeciálnymi premennými pre každé kritérium. Označujú sa  $d_i^-, d_i^+$ . Slúžia na zistenie odchýlok od cieľov. Všeobecný zápis štruktúrovaného ohraničenia odchýlkových premenných:

$$y_i + d_i^- - d_i^+ = y_i^0, \quad i = 1, 2, \dots, k$$

Pri danom type úloh je jednou z možností výpočtu stanovenie významnosti jednotlivých kritérií pomocou váh. V takom prípade môžeme hovoriť o Archimedovskom

<sup>21</sup> HATRÁK M. *Ekonometria*. Bratislava: Iura Edition, 2007, 503 s. ISBN 978-80-8078-150-7

cieľovom programovaní. Pomocou  $L_1$ -metriky na meranie vzdialeností a po dosadení parametra  $p$  dostaneme takýto tvar účelovej funkcie:

$$\min d_1(y^0, y) = \sum_{i=1}^k \lambda_i |y_i^0 - y_i|$$

Za pomoci odchýlok premenných účelovú funkciu prepíšeme do lineárneho tvaru:

$$\min d_1(y^0, y) = \sum_{i=1}^k \lambda_i (d_i^+ + d_i^-)$$

kde:  $\lambda_i = w_i^+ = w_i^-$ ;  $i = 1, \dots, k$

Podmienky:  $y_i - d_i^+ + d_i^- = y_i^0, i = 1, 2, \dots, k$   
 $d_i^+, d_i^- \geq 0, i = 1, 2, \dots, k$

Po takto zadefinovaných podmienkach a upravenej účelovej funkcii vieme formulovať úlohu cieľového programovania ako úlohu lineárneho programovania pre váženú  $L_1$ -metriku nasledovne:

$$\begin{aligned} \min & \rightarrow w_i^+ d_i^+ + w_i^- d_i^- \\ y_i - d_i^+ + d_i^- &= y_i^0, \quad i = 1, 2, \dots, k \\ y &\in Y \\ d_i^+, d_i^- &\geq 0, i = 1, 2, \dots, k \end{aligned}$$

kde:

$y_i$  – predstavuje  $i$ -tu kritériálnu funkciu,  $y_i = f_i(x), i = 1, \dots, k$

$Y$  – predstavuje množinu prípustných alternatív v kritériálnom priestore

$y_i^0$  – predstavuje zadanú hodnotu pre kritériálnu funkciu

$d_i^-$  – predstavuje hodnotu prekročenia  $i$ -tej kritériálnej funkcie od jej stanoveného cieľa  $y_i^0$

$d_i^+$  – predstavuje hodnotu, koľko chýbalo k dosiahnutiu stanoveného cieľa  $y_i^0$

$w_i^+, w_i^-$  – predstavuje hodnoty nezáporných váh, patriacim k odchýlkovým premenným

Cieľ obsahujúci cieľové ohraničenia s nežiadúcimi odchýlkovými premennými môže byť formulovaný nasledujúcimi spôsobmi:

- chceme dosiahnuť minimálne stanovenú hodnotu  $\rightarrow y_i + d_i^+ \geq y_i^0$ , pričom  $d_i^- \geq 0$

- chceme dosiahnuť maximálne stanovenú hodnotu  $\rightarrow y_i - d_i^- \leq y_i^0$ , pričom  $d_i^+ \geq 0$
- chceme dosiahnuť práve stanovenú hodnotu  $\rightarrow y_i - d_i^+ + d_i^- = y_i^0$ ,
- chceme dosiahnuť hodnotu z intervalu  $y_i^D \leq y_i \leq y_i^H$ , podmienky pre  $i$ -tu účelovú funkciu nadobúdajú dve časti  $y_i^D \leq y_i$  a  $y_i \leq y_i^H$  a pribudnú do úlohy 2 štruktúrne ohraničenia.

Interval hodnôt v poslednom bode reprezentuje odchýlkové premenné  $d_i^-$  a  $d_i^+$  pre dolné a horné hranice intervalu. Následne sa štruktúrne ohraničenia pre  $i$ -tu účelovú funkciu zapíšu takto:

$$\begin{aligned} y_i + d_i^- &\geq y_i^D \\ y_i - d_i^+ &\leq y_i^H \\ d_i^-, d_i^+ &\geq 0 \end{aligned}$$

Všeobecný postup pri formulovaní optimálnej makroekonomickej politiky:

1. skonštruovať a odhadnúť ekonometrický model, ktorý slúži ako základ pre zostavenie ohraničení úlohy cieľového programovania,
2. stanoviť ciele pre jednotlivé obdobia (roky) prognózy pre vybrané makroekonomické premenné,
3. stanoviť si dolné a horné hranice hodnôt exogénnych premenných pre jednotlivé obdobia<sup>22</sup>.

---

<sup>22</sup> PEKÁR J., FURKOVÁ A. *Prípadné štúdie z viackriteriálneho rozhodovania*. Bratislava: EKONÓM, 2014, 168 s., ISBN 978-80-225-3837-4

## 4 VÝSLEDKY PRÁCE V PROGRAME EViews

V tejto kapitole sa zameriame na samotné zostavenie modelu ekonomiky Slovenskej republiky a odhad parametrov. Pri konečnej formulácii funkčných tvarov ekonometrických modelov sme vychádzali z poznatkov ekonomickej teórie. Pri odhadovaní modelov sme uskutočnili veľa experimentov, ktoré nám poskytovali nedostatočné odhady štatistických významností jednotlivých parametrov, kým sme dospeli k uspokojivým štatistickým výsledkom. Budeme hovoriť už iba o tých, ktoré nám ponúkli uspokojivé štatistické výsledky<sup>23</sup>.

Zameriame sa na viacrovnicové modely – simultánne modely, ktoré sú vhodné na opísanie, prognózu a analýzy ekonomiky ako celku. Celé testovanie a odhad modelu prebehol v ekonometrickom softvéri EViews. Na začiatku kapitoly je v krátkosti prezentovaný. Na záver po odhade jednotlivých rovníc sme vykonali simuláciu ex post.

### 4.1 O programe EViews

Ekonometrický program od spoločnosti Quantitative Micro Software s názvom EViews bol predovšetkým navrhnutý pre akademické vzdelávanie s hlavným cieľom poskytovať ľahko zvládnuteľný a silný program pre štatistické analýzy, simulácie, prognózy a ekonometrické modelovanie. Vďaka jeho vlastnostiam, ktoré sú spájané ľahko využiteľného objektovo orientovaného prostredia s veľkým množstvom analytických prostredí, je lídrom v oblasti ekonometrického softvéru pracujúceho pre Windows<sup>24</sup>.

### 4.2 Modelovanie rovníc

Prvým krokom pre úspešné modelovanie rovníc je zber údajov a ich následná úprava do požadovanej formy, ktorá je potrebná pre správne prenesenie údajov do programu. Údaje sme čerpali zo stránky Štatistického úradu Slovenskej republiky a Národnej banky Slovenska. Zostavili sme model pozostávajúci z deväť rovníc. Z toho máme päť stochastických rovníc a štyri identity, ktoré nám dopĺňajú ekonometrický model Slovenskej republiky. Pomocou stochastických rovníc sme vyjadrili konečnú spotrebu domácností, tvorbu hrubého kapitálu, import tovarov a služieb, priemernú hrubú nominálnu mzdu a

---

<sup>23</sup>Ing. LUKAČIKOVÁ A. *Metodológia syntézy optimalizačných a ekonometrických prístupov makroekonomického modelovania - Dizertačná práca*. 2004, 92 s.

<sup>24</sup>LUKAČIK M., LUKAČIKOVÁ A., SZOMOLÁNY K. *Ekonometrické modelovanie v programoch EViews a Gretl*. Bratislava: EKONÓM, 2011, 330 s. ISBN 978-80-225-3320-1



zamestnanosť. Pomocou identít sme opísali disponibilný príjem, produktivitu práce, hrubý domáci produkt a nezamestnanosť.

Aplikovali sme na každú rovnicu zvlášť najskôr jednoduchú metódu najmenších štvorcov a následne dvojstupňovú metódu najmenších štvorcov, ktorá nám vykazovala lepšie výsledky ako v prípade jednostupňovej metódy najmenších štvorcov, nakoľko táto metóda vyžaduje menej pozorovaní a viedla k neakceptovateľným výsledkom<sup>25</sup>.

Na modelovanie výkyvov v modeloch sme použili umelé premenné ako  $uxxqz$ , kde  $xx$  predstavuje rok a  $z$  štvrt'rok daného roku. Do niektorých modelov boli zaradené sezónne premenné, ktoré sme označili  $S1 - S4$ , t. j. prvý až štvrtý štvrt'rok.

V ekonometrickom modeli Slovenskej republiky pracujeme s nasledovnými endogénnymi a exogénnymi premennými:

*Endogénne premenné:*

THK – tvorba hrubého kapitálu ( v mil. €)

MZD – priemerná hrubá nominálna mzda (v €)

KSD – konečná spotreba domácností ( v mil. €)

ZAM – počet zamestnaných na Slovensku (v tis.)

IM – import tovarov a služieb (v mil. €)

PP – produktivita práce

DP – disponibilný príjem ( v tis. €)

HDP – hrubý domáci produkt (v mil. €)

NEZAM – počet nezamestnaných na Slovensku (v tis.)

*Exogénne premenné:*

KSVS – konečná spotreba verejnej vlády (v mil. €)

EX – export tovarov a služieb (v mil. €)

EAO – ekonomicky aktívne obyvateľstvo (v tis.)

DANE – daňové príjmy (v tis. €)

*Funkčné tvary modelov:*

$$THK_t = f(THK_{t-1}, HDP_t, HDP_{t-1}, KSVS_{t-1})$$

$$MZD_t = f(MZD_{t-1}, PP_t, S2, S4, um09q3)$$

---

<sup>25</sup>Ing. LUKAČIKOVÁ A. *Metodológia syntézy optimalizačných a ekonometrických prístupov makroekonomického modelovania - Dizertačná práca*. 2004, 92 s.

$$KSD_t = f(KSD_{t-1}, DP_t, um18q4)$$

$$ZAM_t = f(ZAM_{t-1}, HDP_t, MZD_{t-1}, um09q1)$$

$$IM_t = f(IM_{t-1}, HDP_t, S2, S4)$$

*Identity:*

$$HDP_t = KSD_t + THK_t + KSVS_t + EX_t - IM_t$$

$$NEZAM_t = HDP_t - ZAM_t$$

$$DP_t = HDP_t - DANE_t$$

$$PP_t = HDP_t / ZAM_t^{26}$$

### 4.3 Overenie a interpretácia modelov

Modely sme odhadli pomocou časových radov so štvrťročnými údajmi v bežných cenách za obdobie 2008Q1 až 2018Q4. Údaje boli nájdené na stránke Štatistického úradu Slovenskej republiky. Použili sme dvojstupňovú metódu najmenších štvorcov.

Pri testovaní štatistickej významnosti individuálnych parametrov sme si zvolili hladinu významnosti  $\alpha = 0,05$  a tak isto aj pri štatistickom overovaní modelu ako celku sme využili hladinu významnosti  $\alpha = 0,05$ . Interpretovali sme aj R-squared, t. j.  $R^2$  – koeficient determinácie. Na záver sme spravili simuláciu ex post za posledné 4 štvrťroky, teda za posledný jeden rok. Ďalej sú uvedené výsledky odhadov jednotlivých rovníc modelu s ich následnou interpretáciou.

---

<sup>26</sup>CHAJDIK J., IŠTVÁNIKOVÁ A. *Metódy prognózovania ekonometrického vývoja – regresné a ekonometrické modelovanie*. Bratislava: STATIS, 2001, 142 s. ISBN 80- 85659-22-0.

### 4.3.1 Rovnica tvorby hrubého kapitálu:

Dependent Variable: THK				
Method: Two-Stage Least Squares				
Date: 03/23/20 Time: 14:14				
Sample (adjusted): 2008Q2 2018Q4				
Included observations: 43 after adjustments				
Instrument specification: THK(-1) ZAM(-1) MZD(-1) HDP HDP(-1) KSD(-1) NX(-1) DP DP(-1) PP				
Constant added to instrument list				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-173.5576	642.5341	-0.270114	0.7885
THK(-1)	0.573795	0.191982	2.988794	0.0049
HDP	0.314125	0.073718	4.261168	0.0001
HDP(-1)	-0.459446	0.118708	-3.870395	0.0004
KSVS	1.321530	0.267986	4.931331	0.0000
R-squared	0.660423	Mean dependent var	4202.047	
Adjusted R-squared	0.624678	S.D. dependent var	704.9870	
S.E. of regression	431.9001	Sum squared resid	7088433.	
F-statistic	21.72129	Durbin-Watson stat	2.169264	
Prob(F-statistic)	0.000000	Second-Stage SSR	4666916.	
J-statistic	11.35779	Instrument rank	11	
Prob(J-statistic)	0.077928			

Obrázok č. 4.3.1 výstup z EViews modelu THK

$$\widehat{THK}_t = -173,5576 + 0,5738 * THK_{t-1} + 0,314 * HDP_t - 0,459 * HDP_{t-1} + 1,321 * KSVS_t$$

Ak sa zvýši hrubý domáci produkt o jednu jednotku, tak sa tvorba hrubého kapitálu zvýši v priemere o 0,314 jednotiek za ostatných nezmenených podmienok.

Ak sa zvýši konečná spotreba verejnej správy o jednu jednotku, tak sa tvorba hrubého kapitálu zvýši v priemere o 1,321 jednotiek za ostatných nezmenených podmienok.

Celková variabilita premennej tvorba hrubého kapitálu je na 66,04 % vysvetlených lineárnym modelom s vysvetľujúcimi premennými tvorba hrubého kapitálu z predchádzajúceho obdobia, hrubý domáci produkt, hrubý domáci produkt z predchádzajúceho obdobia a konečná spotreba verejnej správy.

Štatistickú významnosť parametrov sme otestovali pomocou t- testu. Zvolili sme si hladinu významnosti  $\alpha = 0,05$ .

$H_0: \beta_i = 0$  - parameter nie je štatisticky významný

$H_1: \beta_i \neq 0, i = 0, 1, 2, 3, 4$  - parameter je štatisticky významný

k – počet nezávislých premenných (4)

n – počet pozorovaní (43)

$$\text{scalar kriticke4} = @qtdist(0.975, 38)$$

Obrázok č. 4.3.2 ukážka zápisu nájdania kritickej hodnoty t-štatistiky pre  $v=38$

KRITICKE4 2.024394

Obrázok č. 4.3.3 kritická hodnota  $t$ -štatistiky pre  $v=38$

Ak porovnáme  $t$ -Statistic jednotlivých parametrov v absolútnej hodnote s kritickou hodnotou vidíme, že kritická hodnota je vo všetkých prípadoch menšia a dostávame záver, že parametre v modeli na hladine významnosti 5 % sú všetky štatisticky významné. Zamietame  $H_0$  a prijímame  $H_1$ . Toto tvrdenie si vieme potvrdiť aj vďaka hodnotám v stĺpci Prob, kde vidíme, že všetky hodnoty sa nachádzajú pod hladinou  $\alpha = 0,05$ .

Ďalej sme si model otestovali ako celok tak isto na hladine významnosti 5 %.

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0$  model ako celok nie je štatisticky významný

$H_1$ : aspoň jedno  $\beta_i \neq 0, i = 1,2,3,4$  model ako celok je štatisticky významný

scalar model4=@qfdist(0.95,4,38)

Obrázok č. 4.3.4 ukážka zápisu nájdania kritickej hodnoty  $F$ -rozdelenia

MODEL4 2.618988

Obrázok č. 4.3.5 kritická hodnota  $F$ -rozdelenia

Po porovnaní  $F$ -statistic z výstupu modelu, ktorá má hodnotu 21,722 a hodnoty testovacej štatistiky, je kritická hodnota menšia ako  $F$ -statistic. Model tvorby hrubého kapitálu ako celok na hladine významnosti 5 % je štatisticky významný. Zamietame  $H_0$  a prijímame  $H_1$ . Tento záver si môžeme potvrdiť pomocou hodnoty  $\text{Prob}(F\text{-statistic})$ , ktorú vidíme vo výstupe modelu, jej hodnota je 0 - teda je menšia ako 0,05, preto zamietame hypotézu  $H_0$ .

Nasledujúcim krokom bolo overenie prítomnosti autokorelácie v modeli pomocou Breusch-Godfreyovho Correlation LM testu, pričom  $p$  je rád autokorelácie

$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_p = 0$  - autokorelácia v modeli nie je prítomná

$H_1$ : aspoň jedno  $\rho_i \neq 0$  pre  $i = 1,2, \dots, p$  - autokorelácia je prítomná v modeli

scalar bg4=@qchisq(0.95,4)

Obrázok č. 4.3.6 ukážka zápisu pre nájdanie kritickej hodnoty chí kvadrát rozdelenia pre  $v = 4$

BG4	9.487729
-----	----------

Obrázok č. 4.3.7 kritická hodnota chí kvadrát rozdelenia pre  $v = 4$

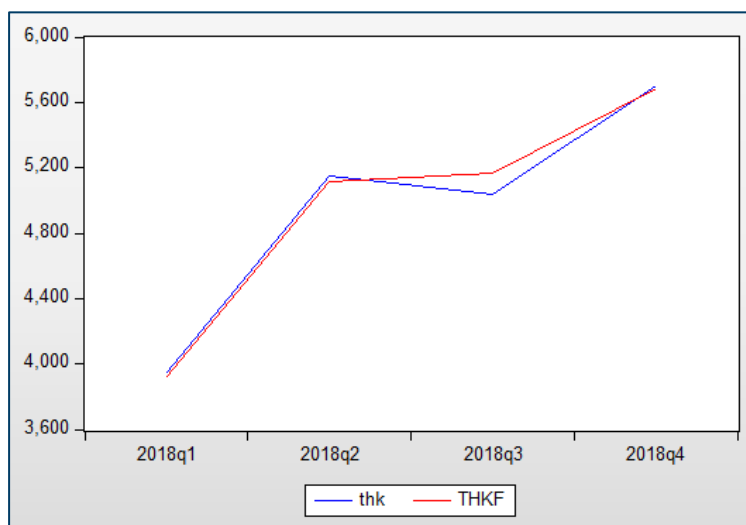
Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

Obs*R-squared	4.177602	Prob. Chi-Square(4)	0.3825
---------------	----------	---------------------	--------

Obrázok č. 4.3.8 výsledok BG testu pre model THK

Po porovnaní BG štatistiky a kritickej hodnoty autokorelácie v modeli vidíme, že hodnota BG testu je 4,177, čo je menej ako kritická hodnota 9,487729. Prijímame hypotézu  $H_0$ , v modeli sa nenachádza autokorelácia 4.tého rádu. Bola testovaná aj prítomnosť autokorelácie ostatných rádov, ktoré sa tiež nenachádzali v modeli.

Po overení štatistickej významnosti parametrov modelu aj modelu ako celku a testovaní prítomnosti autokorelácie, sme prešli k overovaniu prognostickej schopnosti modelu pomocou *simulácie ex post*. Porovnávali sme skutočné hodnoty oproti vypočítaným hodnotám za posledné 4 štvrťroky (obdobia).



Obrázok č. 4.3.9 graf simulácie ex post – výstup z programu EViews

Forecast: THKF
Actual: THK
Forecast sample: 2018Q1 2018Q4
Included observations: 4
Root Mean Squared Error 68.29403
Mean Absolute Error 51.01754
Mean Abs. Percent Error 1.039880
Theil Inequality Coefficient 0.006819
Bias Proportion 0.038954
Variance Proportion 0.030273
Covariance Proportion 0.930773
Theil U2 Coefficient 0.079666
Symmetric MAPE 1.032989

Obrázok č. 4.3.10 miery porovnania simulácie ex post – výstup z EViews

Pre model tvorby hrubého kapitálu sme si vytvorili simuláciu ex post na rok 2018. Podľa hodnoty Mean Absolute Percent Error, ktorá je 1,03988 % vieme povedať, že model má dobrú prognostickú schopnosť. Skutočné a vypočítané hodnoty sa líšia v priemere o 1,03988 % za obdobie 2018Q1 až 2018Q4.

#### 4.3.2 Rovnica priemernej nominálnej hrubej mzdy:

Dependent Variable: MZD				
Method: Two-Stage Least Squares				
Date: 04/26/20 Time: 18:51				
Sample (adjusted): 2008Q2 2018Q4				
Included observations: 43 after adjustments				
Instrument specification: THK(-1) KSD(-1) MZD(-1) HDP HDP(-1) ZAM(-1) PP DP DP(-1) NX(-1)				
Constant added to instrument list				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-200.2652	30.93714	-6.473293	0.0000
MZD(-1)	0.770647	0.037714	20.43380	0.0000
PP	0.044626	0.004510	9.894153	0.0000
@SEAS(2)	73.11853	7.210603	10.14042	0.0000
@SEAS(4)	120.6323	7.332489	16.45176	0.0000
UM09Q3	94.01225	37.62242	2.498836	0.0170
R-squared	0.979066	Mean dependent var	846.8353	
Adjusted R-squared	0.976238	S.D. dependent var	96.01834	
S.E. of regression	14.80129	Sum squared resid	8105.895	
F-statistic	331.7563	Durbin-Watson stat	2.169031	
Prob(F-statistic)	0.000000	Second-Stage SSR	23817.05	
J-statistic	9.955773	Instrument rank	11	
Prob(J-statistic)	0.076498			

Obrázok č. 4.3.11 výstup z EViews modelu MZD

$$\widehat{MZD}_t = -200,2652 + 0,770647 * MZD_{t-1} + 0,044626 * PP_t + 73,11853 * S2 + 120,6323 * S4 + 94,01225 * um09q3$$

Ak sa zvýši produktivita práce o jednu jednotku, tak sa priemerná nominálna hrubá mzda zvýši v priemere o 0,044626 jednotiek za ostatných nezmenených podmienok.

Celková variabilita premennej priemerná nominálna hrubá mzda je na 97,906 % vysvetlených lineárnym modelom s vysvetľujúcimi premennými priemerná nominálna hrubá mzda z predchádzajúceho obdobia, produktivita práce, sezónne premenné za druhé a štvrté obdobie a umelá premenná z 2009Q3.

Štatistickú významnosť parametrov sme otestovali pomocou t- testu. Zvolili sme si hladinu významnosti  $\alpha = 0,05$ .

$H_0: \beta_i = 0$  - parameter nie je štatisticky významný

$H_1: \beta_i \neq 0, i = 0, 1, 2, 3, 4, 5$  - parameter je štatisticky významný

k – počet nezávislých premenných (5)

n – počet pozorovaní (43)

`scalar kriticke5=@qtdist(0.975,37)`

Obrázok č. 4.3.12 ukážka zápisu nájdenia kritickej hodnoty t-štatistiky pre  $v=37$

**KRITIKE5 2.026192**

Obrázok č. 4.3.13 kritická hodnota t-štatistiky pre  $v=37$

Ak porovnáme t-Statistic jednotlivých parametrov v absolútnej hodnote s kritickou hodnotou vidíme, že kritická hodnota je vo všetkých prípadoch menšia a dostávame záver, že parametre v modeli na hladine významnosti 5 % sú všetky štatisticky významné. Zamietame  $H_0$  a prijímame  $H_1$ . Toto tvrdenie si vieme potvrdiť aj vďaka hodnotám v stĺpci Prob, kde vidíme, že všetky hodnoty sa nachádzajú pod hladinou  $\alpha = 0,05$ .

Ďalej sme si model otestovali ako celok tak isto na hladine významnosti 5 %.

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = 0$  - model ako celok nie je štatisticky významný

$H_1$ : aspoň jedno  $\beta_i \neq 0, i = 1, 2, 3, 4, 5$  - model ako celok je štatisticky významný

`scalar model5=@qfdist(0.95,5,37)`

Obrázok č. 4.3.14 ukážka zápisu nájdenia kritickej hodnoty F-rozdelenia

**MODEL5 2.469650**

Obrázok č. 4.3.15 kritická hodnota F-rozdelenia

Po porovnaní F-statistic z výstupu modelu, ktorá má hodnotu 331,7563 a hodnoty testovacej štatistiky, je kritická hodnota menšia ako F-statistic modelu. Model tvorby

hrubého kapitálu ako celok na hladine významnosti 5 % je štatisticky významný. Zamietame  $H_0$  a prijímame  $H_1$ . Tento záver si môžeme potvrdiť pomocou hodnoty Prob(F-statistic), ktorú vidíme vo výstupe modelu, jej hodnota je 0 - teda je menšia ako 0,05, preto zamietame hypotézu  $H_0$ .

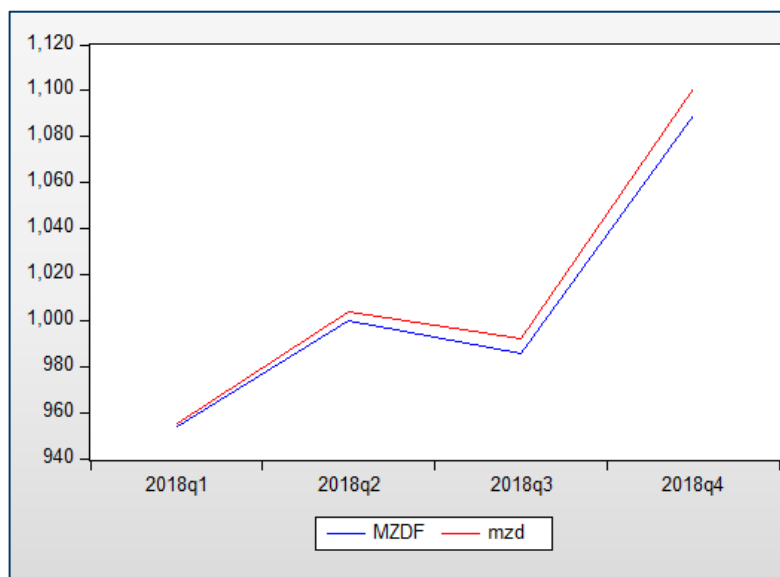
Nasledujúcim krokom bolo overenie prítomnosti autokorelácie v modeli pomocou Breusch-Godfreyovho Correlation LM testu, pričom  $p$  je rád autokorelácie.

$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_p = 0$  autokorelácia v modeli nie je prítomná

$H_1$ : aspoň jedno  $\rho_i \neq 0$  pre  $i = 1, 2, \dots, p$  autokorelácia je prítomná v modeli

Po porovnaní BG štatistiky a kritickej hodnoty autokorelácie v modeli vidíme, že hodnota BG testu je 1,373486, čo je menej ako kritická hodnota 9,487729. Prijímame hypotézu  $H_0$ , v modeli sa nenachádza autokorelácia 4.tého rádu. Bola testovaná aj prítomnosť autokorelácie ostatných rádov, ktoré sa tiež nenachádzali v modeli.

Po overení štatistickej významnosti parametrov modelu aj modelu ako celku a testovaní prítomnosti autokorelácie sme prešli k overovaniu prognostickej schopnosti modelu pomocou *simulácie ex post*. Porovnávali sme skutočné hodnoty oproti vypočítaným hodnotám za posledné 4 štvrťroky (obdobia).



Obrázok č. 4.3.16 graf simulácie ex post – výstup z programu EViews



Forecast: MZDF
Actual: MZD
Forecast sample: 2018Q1 2018Q4
Included observations: 4
Root Mean Squared Error 6.809287
Mean Absolute Error 5.636468
Mean Abs. Percent Error 0.539366
Theil Inequality Coefficient 0.003366
Bias Proportion 0.685190
Variance Proportion 0.285144
Covariance Proportion 0.029667
Theil U2 Coefficient 0.112462
Symmetric MAPE 0.541413

Obrázok č. 4.3.17 miery porovnania simulácie ex post – výstup z programu EViews

Pre model priemernej nominálnej hrubej mzdy sme si vytvorili simuláciu ex post na rok 2018. Podľa hodnoty Mean Absolute Percent Error, ktorá je 0,539366 % vieme povedať, že model má dobrú prognostickú schopnosť. Skutočné a vypočítané hodnoty sa líšia v priemere o 0,539366 % za obdobie 2018Q1 až 2018Q4.

#### 4.3.3 Rovnica konečnej spotreby domácností:

Dependent Variable: KSD				
Method: Two-Stage Least Squares				
Date: 04/26/20 Time: 16:54				
Sample (adjusted): 2008Q2 2018Q4				
Included observations: 43 after adjustments				
Instrument specification: THK(-1) KSD(-1) MZD(-1) HDP HDP(-1) ZAM(-1) PP DP DP(-1) NX(-1)				
Constant added to instrument list				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	159.9620	259.8560	0.615579	0.5417
KSD(-1)	0.678846	0.041204	16.47537	0.0000
DP	0.201761	0.019540	10.32537	0.0000
UM18Q4	623.8778	181.6819	3.433901	0.0014
R-squared				
Adjusted R-squared				
S.E. of regression				
F-statistic				
Prob(F-statistic)				
J-statistic				
Prob(J-statistic)				
Mean dependent var				
S.D. dependent var				
Sum squared resid				
Durbin-Watson stat				
Second-Stage SSR				
Instrument rank				

Obrázok č. 4.3.18 výstup z EViews modelu KSD

$$\widehat{KSD}_t = 159,9620 + 0,678846 * KSD_{t-1} + 0,201761 * DP_t + 623,8778 * um18q4$$

Ak sa zvýši disponibilný príjem o jednu jednotku, tak sa konečná spotreba domácností zvýši v priemere o 0,201761 jednotiek za ostatných nezmenených podmienok.

Celková variabilita premennej konečná spotreba domácností je na 98,28 % vysvetlených lineárnym modelom s vysvetľujúcimi premennými konečná spotreba domácností z predchádzajúceho obdobia, disponibilný príjem a umelá premenná z 2018Q4.

Štatistickú významnosť parametrov sme otestovali pomocou t- testu. Zvolili sme si hladinu významnosti  $\alpha = 0,05$ .

$H_0: \beta_i = 0$  - parameter nie je štatisticky významný

$H_1: \beta_i \neq 0, i = 0, 1, 2, 3$  - parameter je štatisticky významný

k – počet nezávislých premenných (3)

n – počet pozorovaní (43)

`scalar kriticke3=@qtdist(0.975,39)`

Obrázok č. 4.3.19 ukážka zápisu nájdania kritickej hodnoty t-štatistiky pre  $v = 39$

KRITICKE3	2.022691
-----------	----------

Obrázok č. 4.3.20 kritická hodnota t-štatistiky pre  $v=39$

Ak porovnáme t-Statistic jednotlivých parametrov v absolútnej hodnote s kritickou hodnotou vidíme, že kritická hodnota je vo všetkých prípadoch menšia a dostávame záver, že parametre v modeli na hladine významnosti 5 % sú všetky štatisticky významné. Zamietame  $H_0$  a prijímame  $H_1$ . Toto tvrdenie si vieme potvrdiť aj vďaka hodnotám v stĺpci Prob, kde vidíme, že všetky hodnoty sa nachádzajú pod hladinou  $\alpha = 0,05$ .

Ďalej sme si model otestovali ako celok tak isto na hladine významnosti 5 %.

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$  - model ako celok nie je štatisticky významný

$H_1$ : aspoň jedno  $\beta_i \neq 0, i = 1, 2, 3$  - model ako celok je štatisticky významný

`scalar model3=@qfdist(0.95,3,39)`

Obrázok č. 4.3.21 ukážka zápisu nájdania kritickej hodnoty F-rozdelenia

MODEL3	2.838745
--------	----------

Obrázok č. 4.3.22 kritická hodnota F-rozdelenia

Po porovnaní F-statistic z výstupu modelu, ktorá má hodnotu 747,9903 a hodnoty testovacej štatistiky, je kritická hodnota menšia ako F-statistic. Model tvorby hrubého kapitálu ako celok na hladine významnosti 5 % je štatisticky významný. Zamietame  $H_0$  a prijímame  $H_1$ . Tento záver si môžeme potvrdiť pomocou  $\text{Prob}(F\text{-statistic})$ , ktorú vidíme vo výstupe modelu, jej hodnota je 0 - teda je menšia ako 0,05, preto zamietame hypotézu  $H_0$ .

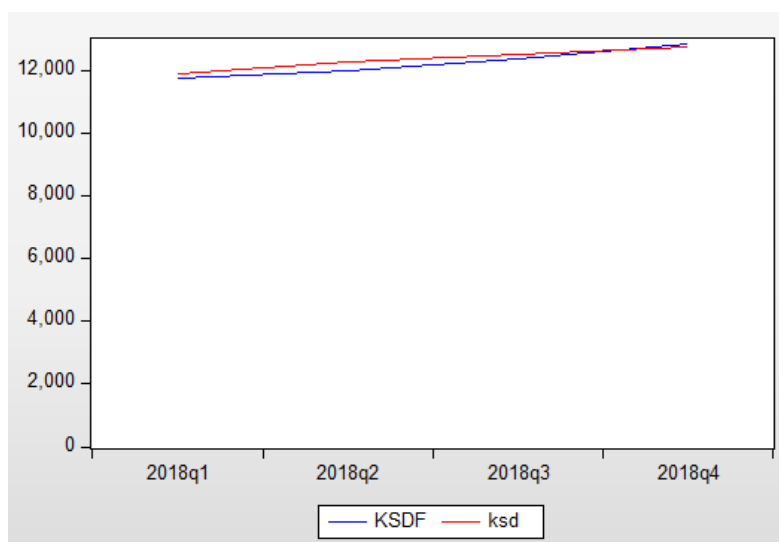
Nasledujúcim krokom bolo overenie prítomnosti autokorelácie v modeli pomocou Breusch-Godfreyovho Correlation LM testu, pričom  $\rho$  je rád autokorelácie.

$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_p = 0$  - autokorelácia v modeli nie je prítomná

$H_1$ : aspoň jedno  $\rho_i \neq 0$  pre  $i = 1, 2, \dots, p$  - autokorelácia je prítomná v modeli

Po porovnaní BG štatistiky a kritickej hodnoty autokorelácie v modeli vidíme, že hodnota BG testu je 7,380039, čo je menej ako kritická hodnota 9,487729. Prijímame hypotézu  $H_0$ , v modeli sa nenachádza autokorelácia 4.tého rádu. Bola testovaná aj prítomnosť autokorelácie ostatných rádov, ktoré sa taktiež nenachádzali v modeli.

Po overení štatistickej významnosti parametrov modelu aj modelu ako celku a testovaní prítomnosti autokorelácie sme prešli k overovaniu prognostickej schopnosti modelu pomocou *simulácie ex post*. Porovnávali sme skutočné hodnoty oproti vypočítaným hodnotám za posledné 4 štvrťroky (obdobia).



Obrázok č. 4.3.23 graf simulácie ex post – výstup z programu EViews

Forecast: KSDF	
Actual: KSD	
Forecast sample: 2018Q1 2018Q4	
Included observations: 4	
Root Mean Squared Error	177.4383
Mean Absolute Error	166.7280
Mean Abs. Percent Error	1.357851
Theil Inequality Coefficient	0.007217
Bias Proportion	0.483577
Variance Proportion	0.311102
Covariance Proportion	0.205321
Theil U2 Coefficient	0.652784
Symmetric MAPE	1.367286

Obrázok č. 4.3.24 miery porovnania simulácie ex post – výstup z programu EViews

Pre model konečnej spotreby domácnosti sme si vytvorili simuláciu ex post na rok 2018. Podľa hodnoty Mean Absolute Percent Error, ktorá je 1,357851 % vieme povedať, že model má dobrú prognostickú schopnosť. Skutočné a vypočítané hodnoty sa líšia v priemere o 1,357851 % za obdobie 2018Q1 až 2018Q4.

#### 4.3.4 Rovnica počtu zamestnaných:

Dependent Variable: ZAM				
Method: Two-Stage Least Squares				
Date: 04/26/20 Time: 18:11				
Sample (adjusted): 2008Q2 2018Q4				
Included observations: 43 after adjustments				
Instrument specification: THK(-1) KSD(-1) MZD(-1) HDP HDP(-1) ZAM(-1) PP DP DP(-1) NX(-1)				
Constant added to instrument list				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-122.1386	225.7614	-0.541008	0.5917
ZAM(-1)	1.087283	0.127254	8.544214	0.0000
HDP	-0.026044	0.006903	-3.772668	0.0006
MZD(-1)	0.494307	0.103802	4.761998	0.0000
UM09Q1	-309.6567	78.04866	-3.967482	0.0003
R-squared	0.811030	Mean dependent var	2404.709	
Adjusted R-squared	0.791138	S.D. dependent var	89.84014	
S.E. of regression	41.05819	Sum squared resid	64059.44	
F-statistic	48.12866	Durbin-Watson stat	1.968253	
Prob(F-statistic)	0.000000	Second-Stage SSR	14456.24	
J-statistic	8.228732	Instrument rank	11	
Prob(J-statistic)	0.221820			

Obrázok č. 4.3.25 výstup z EViews modelu ZAM

$$\widehat{ZAM}_t = -122,1386 + 1,087283 * ZAM_{t-1} - 0,026044 * HDP_t + 0,494307 * MZD_{t-1} - 309,6567 * um09q1$$

Celková variabilita premennej konečná spotreba domácností je na 81,103 % vysvetlených lineárnym modelom s vysvetľujúcimi premennými počet zamestnaných

z predchádzajúceho obdobia, hrubý domáci produkt, priemerná nominálna hrubá mzda z predchádzajúceho obdobia a umelá premenná z 2009Q1.

Štatistickú významnosť parametrov sme otestovali pomocou t- testu. Zvolili sme si hladinu významnosti  $\alpha = 0,05$ .

$H_0: \beta_i = 0$  – parameter nie je štatisticky významný

$H_1: \beta_i \neq 0, i = 0, 1, 2, 3, 4$  - parameter je štatisticky významný

k – počet nezávislých premenných (4)

n – počet pozorovaní (43)

```
scalar kriticke4=@qtdist(0.975,38)
```

Obrázok č. 4.3.26 ukážka zápisu nájdania kritickej hodnoty t-štatistiky pre  $v=38$

KRITICKE4	2.024394
-----------	----------

Obrázok č. 4.3.27 kritická hodnoty t-štatistiky pre  $v=38$

Ak porovnáme t-Statistic jednotlivých parametrov v absolútnej hodnote s kritickou hodnotou vidíme, že kritická hodnota je vo všetkých prípadoch menšia a dostávame záver, že parametre v modeli na hladine významnosti 5 % sú všetky štatisticky významné. Zamietame  $H_0$  a prijímame  $H_1$ . Toto tvrdenie si vieme potvrdiť aj vďaka hodnotám v stĺpci Prob, kde vidíme, že všetky hodnoty sa nachádzajú pod hladinou  $\alpha = 0,05$ .

Ďalej sme si model otestovali ako celok tak isto na hladine významnosti 5 %.

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0$  - model ako celok nie je štatisticky významný

$H_1$ : aspoň jedno  $\beta_i \neq 0, i = 1, 2, 3, 4$  - model ako celok je štatisticky významný

```
scalar model4=@qfdist(0.95,4,38)
```

Obrázok č. 4.3.28 ukážka zápisu nájdania kritickej hodnoty F-rozdelenia

MODEL4	2.618988
--------	----------

Obrázok č. 4.3.29 kritická hodnota F-rozdelenia

Po porovnaní F-statistic z výstupu modelu, ktorá má hodnotu 48,12866 a hodnoty testovacej štatistiky, je kritická hodnota menšia ako F-statistic.. Model tvorby hrubého kapitálu ako celok na hladine významnosti 5 % je štatisticky významný. Zamietame  $H_0$  a

prijímame  $H_1$ . Tento záver si môžeme potvrdiť pomocou hodnoty Prob(F-statistic), ktorú vidíme vo výstupe modelu, jej hodnota je 0 - teda je menšia ako 0,05, preto zamietame hypotézu  $H_0$ .

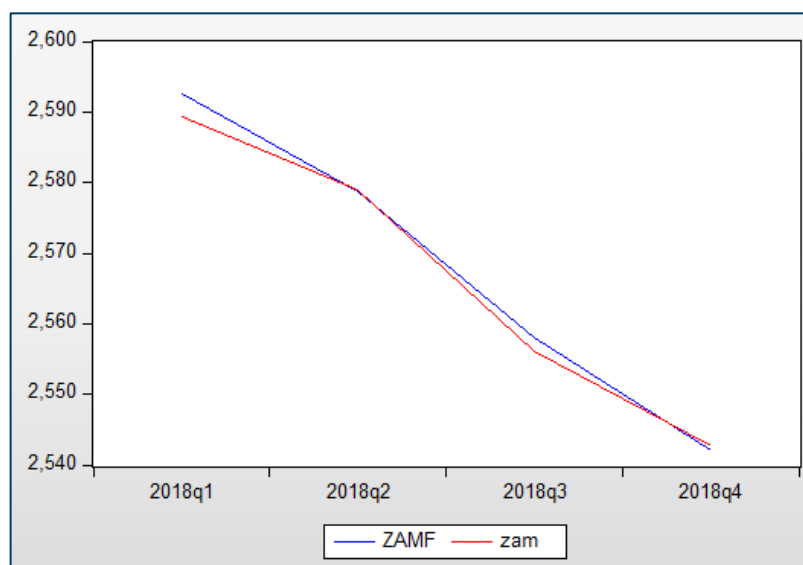
Nasledujúcim krokom bolo overenie prítomnosti autokorelácie v modeli pomocou Breusch-Godfreyovho Correlation LM testu, pričom  $\rho$  je rád autokorelácie.

$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_p = 0$  - autokorelácia v modeli nie je prítomná

$H_1$ : aspoň jedno  $\rho_i \neq 0$  pre  $i = 1, 2, \dots, p$  - autokorelácia je prítomná v modeli

Po porovnaní BG štatistiky a kritickej hodnoty autokorelácie v modeli vidíme, že hodnota BG testu je 1,868418, čo je menej ako kritická hodnota 9,487729. Prijímame hypotézu  $H_0$ , v modeli sa nenachádza autokorelácia 4.tého rádu. Bola testovaná aj prítomnosť autokorelácie ostatných rádov, ktoré sa tiež sa nenachádzali v modeli.

Po overení štatistickej významnosti parametrov modelu aj modelu ako celku a testovaní prítomnosti autokorelácie sme prešli k overovaniu prognostickej schopnosti modelu pomocou *simulácie ex post*. Porovnávali sme skutočné hodnoty oproti vypočítaným hodnotám za posledné 4 štvrťroky (obdobia).



Obrázok č. 4.3.30 graf simulácie *ex post* – výstup z programu EViews

Forecast: ZAMF
Actual: ZAM
Forecast sample: 2018Q1 2018Q4
Included observations: 4
Root Mean Squared Error 1.938411
Mean Absolute Error 1.517559
Mean Abs. Percent Error 0.058969
Theil Inequality Coefficient 0.000378
Bias Proportion 0.346393
Variance Proportion 0.182677
Covariance Proportion 0.470930
Theil U2 Coefficient 0.076412
Symmetric MAPE 0.058942

Obrázok č. 4.3.31 miery porovnania simulácie ex post – výstup z programu EViews

Pre model počtu zamestnaných sme si vytvorili simuláciu ex post na rok 2018. Podľa hodnoty Mean Absolute Percent Error, ktorá je 0,058969 % vieme povedať, že model má dobrú prognostickú schopnosť. Skutočné a vypočítané hodnoty sa líšia v priemere o 0,058969 % za obdobie 2018Q1 až 2018Q4.

#### 4.3.5 Rovnica importu tovarov a služieb:

Dependent Variable: IM				
Method: Two-Stage Least Squares				
Date: 04/26/20 Time: 18:08				
Sample (adjusted): 2008Q2 2018Q4				
Included observations: 43 after adjustments				
Instrument specification: THK(-1) KSD(-1) MZD(-1) HDP HDP(-1) ZAM(-1) PP DP DP(-1) NX(-1)				
Constant added to instrument list				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-4931.195	881.0748	-5.596795	0.0000
IM(-1)	0.684791	0.076738	8.923814	0.0000
HDP	0.507563	0.097664	5.197024	0.0000
@SEAS(2)	1019.860	299.6922	3.403026	0.0016
@SEAS(4)	1617.051	272.6924	5.929947	0.0000
R-squared	0.966543	Mean dependent var	16473.47	
Adjusted R-squared	0.963021	S.D. dependent var	3045.552	
S.E. of regression	585.6581	Sum squared resid	13033824	
F-statistic	259.9200	Durbin-Watson stat	1.530491	
Prob(F-statistic)	0.000000	Second-Stage SSR	32960853	
J-statistic	13.37086	Instrument rank	11	
Prob(J-statistic)	0.037510			

Obrázok č. 4.3.32 výstup z EViews modlu IM

$$\widehat{IM}_t = -4931,195 + 0,684791 * IM_{t-1} + 0,507563 * HDP_t + 1019,86 * S + 1617,051 * S4$$

Ak sa zvýši hrubý domáci produkt o jednu jednotku, tak sa import tovarov a služieb zvýši v priemere o 0,507563 jednotiek za ostatných nezmenených podmienok.

Celková variabilita premennej importu tovarov a služieb je na 96,65 % vysvetlených lineárnym modelom s vysvetľujúcimi premennými import tovarov a služieb z predchádzajúceho obdobia, hrubý domáci produkt, sezónna premenná za druhé a štvrté obdobie.

Štatistickú významnosť parametrov sme otestovali pomocou t- testu. Zvolili sme si hladinu významnosti  $\alpha = 0,05$ .

$H_0: \beta_i = 0$  – parameter nie je štatisticky významný

$H_1: \beta_i \neq 0, i = 0, 1, 2, 3, 4$  - parameter je štatisticky významný

k – počet nezávislých premenných (4)

n – počet pozorovaní (43)

scalar kriticke4=@qtdist(0.975,38)

Obrázok č. 4.3.33 ukážka zápisu nájdania kritickej hodnoty t-štatistiky pre  $v=38$

KRITICKE4 2.024394

Obrázok č. 4.3.34 kritická hodnota t-štatistiky pre  $v=38$

Ak porovnáme t-Statistic jednotlivých parametrov v absolútnej hodnote s kritickou hodnotou vidíme, že kritická hodnota je vo všetkých prípadoch menšia a dostávame záver, že parametre v modeli na hladine významnosti 5 % sú všetky štatisticky významné. Zamietame  $H_0$  a prijímame  $H_1$ . Toto tvrdenie si vieme potvrdiť aj vďaka hodnotám v stĺpci Prob, kde vidíme, že všetky hodnoty sa nachádzajú pod hladinou  $\alpha = 0,05$ .

Ďalej sme si model otestovali ako celok tak isto na hladine významnosti 5 %.

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0$  - model ako celok nie je štatisticky významný

$H_1$ : aspoň jedno  $\beta_i \neq 0, i = 1, 2, 3, 4$  - model ako celok je štatisticky významný

scalar model4=@qfdist(0.95,4,38)

Obrázok č. 4.3.35 ukážka zápisu nájdania kritickej hodnoty F-rozdelenia

MODEL4 2.618988

Obrázok č. 4.3.36 kritická hodnota F-rozdelenia



Po porovnaní F-statistic z výstupu modelu, ktorá má hodnotu 259,92 a hodnoty testovacej štatistiky, je kritická hodnota menšia ako F-statistic. Model importu tovar a služieb ako celok na hladine významnosti 5 % je štatisticky významný. Zamietame  $H_0$  a prijímame  $H_1$ . Tento záver si môžeme potvrdiť pomocou hodnoty  $\text{Prob}(F\text{-statistic})$ , ktorú vidíme vo výstupe modelu, jej hodnota je 0 - teda je menšia ako 0,05, preto zamietame hypotézu  $H_0$ .

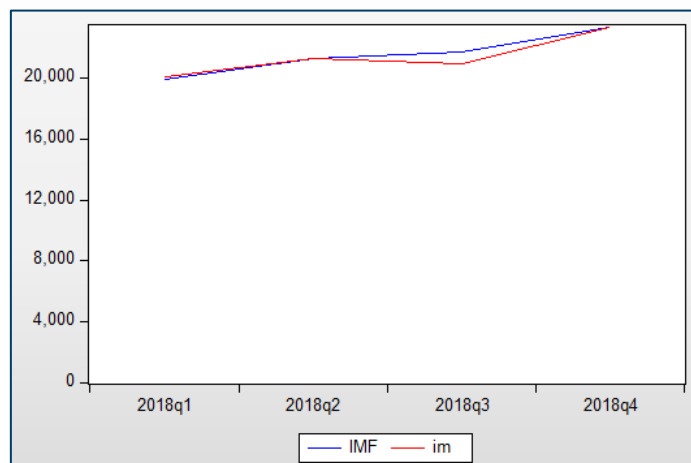
Nasledujúcim krokom bolo overenie prítomnosti autokorelácie v modeli pomocou Breusch-Godfreyovho Correlation LM testu, pričom  $p$  je rád autokorelácie.

$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_p = 0$  - autokorelácia v modeli nie je prítomná

$H_1$ : aspoň jedno  $\rho_i \neq 0$  pre  $i = 1, 2, \dots, p$  - autokorelácia je prítomná v modeli

Po porovnaní BG štatistiky a kritickej hodnoty autokorelácie v modeli vidíme, že hodnota BG testu je 2,280303, čo je menej ako kritická hodnota 9,487729. Prijímame hypotézu  $H_0$ , v modeli sa nenachádza autokorelácia 4.tého rádu. Bola testovaná aj prítomnosť autokorelácie ostatných rádo, ktoré sa tiež sa nenachádzali v modeli.

Po overení štatistickej významnosti parametrov modelu aj modelu ako celku a testovaní prítomnosti autokorelácie sme prešli k overovaniu prognostickej schopnosti modelu pomocou *simulácie ex post*. Porovnávali sme skutočné hodnoty oproti vypočítaním hodnotám za posledné 4 štvrťroky (obdobia). V tabuľke sú zahrnuté aj percentuálne odchýlky skutočnej hodnoty oproti simulovanej hodnote premennej.



Obrázok č. 4.3.37 graf simulácie ex post – výstup z programu EViews

Forecast: IMF	
Actual: IM	
Forecast sample: 2018Q1 2018Q4	
Included observations: 4	
Root Mean Squared Error	382.5233
Mean Absolute Error	251.4068
Mean Abs. Percent Error	1.199932
Theil Inequality Coefficient	0.008875
Bias Proportion	0.145318
Variance Proportion	0.013748
Covariance Proportion	0.840933
Theil U2 Coefficient	0.273449
Symmetric MAPE	1.185333

Obrázok č. 4.3.38 miery porovnania simulácie ex post – výstup z programu EViews

Pre model importu tovarov a služieb sme si vytvorili simuláciu ex post na rok 2018. Podľa hodnoty Mean Absolute Percent Error, ktorá je 1,199932 % vieme povedať, že model má dobrú prognostickú schopnosť. Skutočné a vypočítané hodnoty sa líšia v priemere o 1,199932 % za obdobie 2018Q1 až 2018Q4.

#### 4.4 Súhrn výsledkov simulácie ex post

Po skončení modelovania jednotlivých premenných aj ich simulácií ex post na rok 2018 si ukážeme súhrnné výsledky simulácie ex post pre všetky štvrt'roky roku 2018. Tabuľka obsahuje skutočné hodnoty premenných, simulované hodnoty premenných a rozdiely medzi skutočnou a simulovanou hodnotou, kde sme zvolili percentuálne zobrazenie pre lepšiu predstavu odchýlky. Po zhodnotení výsledkov budeme môcť prejsť k optimalizácii ekonometrického modelu.

Obdobie	2018q1	2018q2	2018q3	2018q4
THK	3951,52	5149,43	5036,13	5703,32
THK odh.	3922,741	5118,631	5165,123	5687,822
%	0,73%	0,60%	2,56%	0,27%
MZD	955	1004	992	1101
MZD odh.	953,99	1000,024	985,9092	1089,531
%	0,11%	0,40%	0,61%	1,04%
KSD	11907,6	12241,2	12513,2	12733,2
KSD odh.	11740,28	11983,86	12357,63	12819,88
%	1,41%	2,10%	1,24%	0,68%
ZAM	2589,3	2579	2556	2542,6
ZAM odh.	2592,504	2578,716	2558,113	2542,13
%	0,12%	0,01%	0,08%	0,02%
IM	20148,05	21315,37	20970,21	23343,41
IM odh.	20123,55	21367,15	21780,3	23439,59
%	1,00%	0,24%	3,86%	0,41%

*Tabuľka č. 4.4.1 vlastné spracovanie výsledkov*

Vidíme, že odhadnuté (simulované) hodnoty tvorby hrubého kapitálu v treťom štvrťroku 2018 vykazujú oproti ostatným štvrťrokom pomerne veľké percentuálne odchýlky. To isté platí aj pri importe tovarov a služieb. Konečná spotreba domácností v porovnaní s ostatnými premennými vykazuje vo všetkých obdobiach pomerne veľké percentuálne odchýlky, najviac v druhom štvrťroku 2018.

## 5 OPTIMALIZÁCIA NA ZÁKLADE EKONOMETRICKÉHO MODELU

Na úvod piatej kapitoly si všeobecne povieme niečo o optimalizácii na základe ekonometrického modelu, jej postupe a formulácii problému a samotnej realizácie v programe, ktorý si tiež stručne predstavíme.

### 5.1 Optimalizácia hospodárskej politiky

Využitie ekonometrického modelovania pri výbere a optimalizácii vhodných kombinácií a úrovní nástrojov riadenia je základom ekonometrických metód optimalizácie hospodárskej politiky. Riešenie rozhodovacích problémov v oblasti ekonomickej regulácie pomocou odhadnutého ekonometrického modelu je bežné nielen na makroúrovni, ale aj v podnikovej sfére. Je poznať rozhodovací subjekt a jeho rozhodovacie kritérium pre posúdenie alternatívnych nástrojov riadenia, kde si vyberieme z množiny prípustných riešení, ktoré nám zabezpečia splnenie stanoveného cieľa pri rešpektovaní všetkých obmedzujúcich podmienok, ktoré sú formulované na základe odhadnutého ekonometrického modelu.

Ciele hospodárskej politiky delíme na krátkodobé a dlhodobé. Hlavným rozdielom je, že pri krátkodobých cieľoch sa zabezpečujú stabilizačné opatrenia a využíva makroekonomický model slúžiaci na výber nástrojov ekonomickej regulácie, ktorý slúži na zaistenie stability. Hovoríme o období jedného až dvoch rokov. Pri dlhodobých cieľoch hovoríme o období troch až desiatich rokov, niekedy sa dá hovoriť aj o štvrtstoročí. Nástrojom ekonomickej regulácie sú opatrenia vo fiškálnej, monetárnej, dôchodkovej, sociálnej a zahraničnej obchodnej politike. Vhodná optimalizácia je spätá s prognózovaním vo forme spätnej väzby.<sup>27</sup>

Pri optimalizácii hospodárskej politiky pomocou ekonometrického modelu rozlišujeme štyri základné druhy premenných:

- *cieľové premenné* - pod týmto pojmom sa skrývajú riadiace endogénne premenné, ktoré kvantifikujú stanovené ciele. Sú priamo prepojené s hlavnými cieľmi modelovaného ekonometrického systému a predstavujú najčastejšie

---

<sup>27</sup> HUŠEK R. *Ekonomická analýza*. Praha: Oeconomica Praha, 2007, 368 s. ISBN 978-80-245-1300-3.

makroekonomické veličiny, napríklad: HDP, národný dôchodok, objem investícií, miera nezamestnanosti a inflácie...,

- *ostatné endogénne premenné* sú vysvetľované modelom, ale pri voľbe stratégie riadenia nie sú predmetom priameho záujmu subjektu napriek tomu, že môžu ovplyvňovať niektoré cieľové premenné,
- *riadiace premenné* sú exogénne premenné, ktorých hodnoty riadiaci subjekt ovplyvňuje, inak povedané, hrajú úlohu nástrojov hospodárskej politiky. Slúžia k realizácii zámerov makroekonomickej regulácie. Nástroje sú napríklad: vládne výdavky, nepriame dane, úroková miera, peňažná zásoba, clá, export a import,
- *autonómne premenné* - tu zaraďujeme ostatné exogénne premenné a oneskorené endogénne premenné a majú charakter vstupných dát<sup>28</sup>.

Optimalizačný prístup je založený na využívaní metód a techník viackriteriálnej optimalizácie. Pozostáva z nájdenia vektora exogénnych a endogénnych premenných, ktoré nám určujú splnenie stanoveného cieľa. Oproti prognostickej aplikácii nám tento prístup poskytuje prehľadnejší spôsob výberu nástrojov politiky pre najskôr zvolené ciele.

Formulovanie úlohy môžeme zhrnúť do troch všeobecných krokov:

- odhadneme parametre ekonometrického modelu, pri ktorých využijeme informácie, ktoré máme o vývoji premenných zahrnutých v modeli v minulých rokoch (štvrtrokoch),
- stanovíme ciele pre nami vybrané makroekonomické ukazovatele za účelom minimalizácie odchýlok. Ciele si definujeme pre jednotlivé roky obdobia prognózy.
- na záver určíme horné a dolné hranice pre hodnoty exogénnych premenných v daných obdobiach prognózy<sup>29</sup>.

## 5.2 Aplikácia optimalizácie na základe ekonometrického modelu

Pomocou ekonometrického programu EViews sme si odhadli parametre viacrovnicového modelu. Na odhad sme použili časové rady štvrtročných údajov za obdobie 2008 – 2018. Odhadnutý viacrovnicový model má tvar:

$$\widehat{THK}_t = -173,5576 + 0,5738 * THK_{t-1} + 0,314 * HDP_t - 0,459 * HDP_{t-1} + 1,321 * KSVS_t$$

<sup>28</sup>HUŠEK R. *Ekonomická analýza*. Praha: Oeconomica Praha, 2007, 368 s. ISBN 978-80-245-1300-3.

<sup>29</sup>CHAJDIAK J., IŠTVÁNIKOVÁ A. *Metódy prognózovania ekonometrického vývoja – regresné a ekonometrické modelovanie*. Bratislava: STATIS, 2001, 142 s. ISBN 80- 85659-22-0.

$$\widehat{M\bar{Z}D}_t = -200,2652 + 0,770647 * MZD_{t-1} + 0,044626 * PP_t + 73,11853 * S2 \\ + 120,6323 * S4 + 94,01225 * um09q3$$

$$\widehat{K\bar{S}D}_t = 159,9620 + 0,678846 * KSD_{t-1} + 0,201761 * DP_t + 623,8778 * um18q4$$

$$\widehat{Z\bar{A}M}_t = -122,1386 + 1,087283 * ZAM_{t-1} - 0,026044 * HDP_t + 0,494307 * MZD_{t-1} \\ - 309,6567 * um09q1$$

$$\widehat{I\bar{M}}_t = -4931,195 + 0,684791 * IM_{t-1} + 0,507563 * HDP_t + 1019,86 * S2 \\ + 1617,051 * S4$$

$$\widehat{H\bar{D}P}_t = KSD_t + THK_t + KSVS_t + EX_t - IM_t$$

$$\widehat{N\bar{E}Z\bar{A}M}_t = EAO_t - ZAM_t$$

$$\widehat{D\bar{P}}_t = HDP_t - DANE_t$$

$$\widehat{P\bar{P}}_t = HDP_t / ZAM_t$$

Endogénne premenné sú  $THK_t$  (tvorba hrubého kapitálu),  $MZD_t$  (priemerná nominálna mzda),  $KSD_t$  (konečná spotreba domácností),  $ZAM_t$  (počet zamestnaných obyvateľov),  $IM_t$  (import tovarov a služieb),  $HDP_t$  (hrubý domáci produkt),  $NEZAM_t$  (počet nezamestnaných),  $DP_t$  (disponibilný príjem),  $PP_t$  (produktivita práce). Exogénne premenné sú  $KSVS_t$  (konečná spotreba verejnej správy),  $EX_t$  (export tovarov a služieb),  $EAO_t$  (ekonomicky aktívne obyvateľstvo),  $DANE_t$  (daňové príjmy).

Riešili sme dve úlohy. V prvej úlohe bol cieľ tempo rastu HDP, v druhej úlohe miera nezamestnanosti. Cieľom v prvej úlohe je 2,8 % a 2,99 % tempo rastu HDP. Cieľom v druhej úlohe je miera nezamestnanosti 5,5 % a 6 % a v oboch úlohách sledujeme 8 období (osem štvrt'rokov). Na základe zadaných cieľov vieme zapísať cieľové ohraničenia s odchýlkovými premennými pre jednotlivé úlohy:

- nárast medziročného tempa HDP o 2,8 % a 2,99 %

$$\sum_{t=2019q1}^{2019q4} HDP_t - 1.028 * 90201,80 + d_1^- - d_1^+ = 0$$

$$\sum_{t=2020q1}^{2020q4} HDP_t - 1.0299 * \sum_{t=2019q1}^{2019q4} HDP_t + d_2^- - d_2^+ = 0$$

- miera nezamestnanosti dosahujúca úroveň

$$\frac{\sum_{t=2019q1}^{2019q4} NEZAM_t/4}{\sum_{t=2019q1}^{2019q4} EAO_t/4} - 0,055 + d_3^- - d_3^+ = 0$$

$$\frac{\sum_{t=2020q1}^{2020q4} \frac{NEZAM_t}{4}}{\sum_{t=2020q1}^{2020q4} \frac{EAO_t}{4}} - 0,06 + d_4^- - d_4^+ = 0$$

$$d_1, d_2, d_3, d_4 \geq 0$$

Rozhodovací priestor tvoria dolné a horné hranice exogénnych premenných. Stanovená je aj podmienka nezápornosti pre endogénne a odchýlkové premenné. Ďalej sme si k jednotlivým cieľom priradili váhy, ktoré sú znázornené v tabuľke č. 5.2.1. V prvej úlohe cieľom pri tempe rastu HDP sme priradili váhy 6 a 8 pre jednotlivé roky prognózy. V druhej úlohe cieľom pri miere nezamestnanosti sme váhy nepriradili. Odchýlkové premenné v zadanej kritériálnej funkcii sú oceňované zvolenými váhami. Všeobecný zápis kritériálnej funkcie optimalizačnej úlohy na základe vlastností cieľového programovania:

#### 1. Úloha

Cieľ: Tempo rastu HDP

$$\min w_1 d_1^- + w_1 d_1^+ + w_2 d_2^- + w_2 d_2^+$$

$$\min 6d_1^- + 6d_1^+ + 8d_2^- + 8d_2^+$$

$$d_1^-, d_1^+, d_2^-, d_2^+ \geq 0$$

#### 2. Úloha

Cieľ: miera nezamestnanosti

$$\min w_3 d_3^- + w_3 d_3^+ + w_4 d_4^- + w_4 d_4^+$$

$$\min d_3^- + d_3^+ + d_4^- + d_4^+$$

$$d_3^-, d_3^+, d_4^-, d_4^+ \geq 0$$

Rok		Tempo rastu HDP %	miera nezamestnanosti %
2019	cieľ	2,8	5,5
	váha	6	1
2020	cieľ	2,99	6
	váha	8	1

Tabuľka č. 5.2.1 určenie cieľov a váh

Rok		KSVS	EX	EAO	DANE
2019	DH	0,8	0,8	1	0,8
	HH	1,3	1,3	1	1,3
2020	DH	0,75	0,75	1	0,75
	HH	1,3	1,3	1	1,3

Tabuľka č. 5.2.2 koeficienty dolných a horných hraníc exogénnych premenných

Na to, aby sme vedeli zabezpečiť, aby exogénne premenné mali reálne hodnoty, vytvoríme si rozhodovací priestor pre hodnoty exogénnych premenných. Stanovené sú aj koeficienty dolných a horných hraníc pre jednotlivé exogénne premenné, na základe ktorých sú vypočítané hodnoty dolných a horných hraníc, ktoré vidíme v tabuľkách nižšie. Koeficient pre ekonomicky aktívne obyvateľstvo je stanovený na hodnotu 1, nakoľko nie je priamo ovplyvnený nástrojmi hospodárskej politiky.

Premennú Ekonomicky aktívne obyvateľstvo neoptimalizujeme. Použité hodnoty sme prebrali zo Štatistického úradu. V tabuľke sú znázornené výsledné hodnoty pre jednotlivé exogénne premenné za každé pozorované obdobie prognózy.

Exogénne premenné horná hranica	2019q1	2019q2	2019q3	2019q4	2020q1	2020q2	2020q3	2020q4
KSVS	4 887,88	5 240,61	5 211,30	6 244,57	5 027,53	5 380,27	5 350,96	6 384,22
EX	28 114,11	29 420,94	28 727,47	30 530,51	29 362,92	30 669,74	29 976,27	31 779,33
EAO	2 754,48	2 755,39	2 773,03	2 771,85	2 761,94	2 762,85	2 780,49	2 779,30
DANE	4 618,67	4 533,04	4 768,45	5 310,59	4 793,38	4 707,74	4 943,15	5 485,29

Tabuľka č. 5.2.3 vypočítané horné hranice exogénnych premenných

Exogénne premenné dolná hranica	2019q1	2019q2	2019q3	2019q4	2020q1	2020q2	2020q3	2020q4
KSVS	3007,92	3224,99	3206,96	3842,81	2900,50	3104,00	3087,09	3683,21
EX	17300,99	18105,19	17678,44	18788,01	16940,15	17694,08	17294,00	18334,23
EAO	2754,48	2755,39	2773,03	2771,85	2761,94	2762,85	2780,49	2779,30
DANE	2842,26	2789,56	2934,43	3268,06	2765,41	2716,00	2851,82	3164,59

Tabuľka č. 5.2.4 vypočítané dolné hranice exogénnych premenných

exogénne premenné	2019q1	2019q2	2019q3	2019q4	2020q1	2020q2	2020q3	2020q4
KSVS	4070,93	4677,18	3206,96	4345,90	3806,76	3185,28	3087,09	3683,21
EX	17300,99	18186,61	17678,44	18788,01	17231,36	18083,59	17294,00	21168,91
EAO	2754,48	2755,39	2773,03	2771,85	2761,94	2762,85	2780,49	2779,30
DANE	3162,60	2789,56	4768,45	5310,59	4793,38	4707,74	4683,24	5485,29
S2	0	1	0	0	0	1	0	0
S3	0	0	1	0	0	0	1	0
S4	0	0	0	1	0	0	0	1
um09q1	0	0	0	0	0	0	0	0
um09q3	0	0	0	0	0	0	0	0
um18q4	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabuľka č. 5.2.5 hodnoty exogénnych premenných pre cieľ: miera nezamestnanosti

odchýlkové premenné			
2019		2020	
d1-	d1+	d2-	d2+
0	0	0	0

Tabuľka č. 5.2.6 hodnoty odchýlkových premenných pre cieľ miera nezamestnanosti



Nezamestnanosť	
cieľ 2019	0
cieľ 2020	0
uf	0

Tabuľka č. 5.2.7 splnenie cieľov a hodnota účelovej funkcie pri celi miera nezamestnanosti

exogénne premenné	2019q1	2019q2	2019q3	2019q4	2020q1	2020q2	2020q3	2020q4
KSVS	4887,88	5127,40	3206,96	3842,81	2939,17	4311,75	3128,25	3732,32
EX	19029,87	18105,19	18776,91	19639,46	20340,18	18741,69	17524,59	24809,94
EAO	2754,48	2755,39	2773,03	2771,85	2761,94	2762,85	2780,49	2779,30
DANE	4618,67	4533,04	4768,45	5310,59	4793,38	4707,74	4113,42	5485,29
S2	0	1	0	0	0	1	0	0
S3	0	0	1	0	0	0	1	0
S4	0	0	0	1	0	0	0	1
um09q1	0	0	0	0	0	0	0	0
um09q3	0	0	0	0	0	0	0	0
um18q4	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabuľka č. 5.2.8 hodnoty exogénnych premenných pre cieľ tempo rastu HDP

odchýlkové premenné			
2019		2020	
d1-	d1+	d2-	d2+
0	0	0	0

Tabuľka č. 5.2.9 hodnoty odchýlkových premenných pri celi tempo rastu HDP

TEMPO RASTU HDP	
cieľ 2019	0
cieľ 2020	0
uf	0

Tabuľka č. 5.2.10 splnenie cieľov a hodnota účelovej funkcie pre cieľ tempo rastu HDP

V optimalizácii boli stanovené nezáporné váhy v účelovej funkcii pri miere rastu HDP. Váhy sa stanovili na základe významnosti cieľa a predpokladá sa, že každým rokom sa ich významnosť zvyšuje. Bolo uskutočnených niekoľko experimentov, pri ktorých sme posúvali koeficienty potrebné k výpočtu dolných a horných hraníc exogénnych premenných, aby sme zväčšili rozhodovací priestor. Pri ekonomicky aktívnom obyvateľstve ostal zachovaný koeficient rovný jednej, pretože tento ukazovateľ nie je nástrojom hospodárskej politiky oproti konečnej spotrebe verejnej správy, exportu tovarov a služieb a daňových príjmov, ktoré sú riadiacimi premennými.

Vo výsledku je vidno, že odchýlkové premenné, či ide o mieru nezamestnanosti alebo tempu rastu HDP, sú nulové. O všetkých cieľoch môžeme hovoriť ako o splnených.

Skutočne dosiahnuté hodnoty cieľov optimalizačného prístupu, ktorý sme predstavili v tejto kapitole nasvedčujú, že formovanie makroekonomickej politiky umožňuje nastavenie makroekonomických nástrojov, hľadanie a simulovanie rôznych scenárov hospodárskej

politiky. Použité postupy, ktoré boli obsiahnuté v diplomovej práci svedčia o tom, že ich je možné použiť na formovanie hospodárskej politiky s využitím ekonometrických a optimalizačných techník.

### **5.3 Visual Basic for Applications – VBA**

VBA je skratka pre programovací jazyk, ktorý bol vyvinutý firmou Microsoft pre programy z balíčka Microsoft Office a jeho celý názov je Visual Basic for Applications. Tento nástroj využívame na uľahčenie práce, naprogramovanie programov alebo algoritmov.

Excel ako jeden z programov od Microsoftu slúži na formátovanie tabuliek, tvorby faktúr, používanie vzorcov a výpočtov, analýzu dát a mnoho ďalších užitočných úloh. A vďaka VBA vieme všetky tieto úlohy pomocou zautomatizovať a jedným kliknutím si uľahčiť prácu.

Našu tému - optimalizáciu hospodárskej politiky na základe ekonometrického modelu - vieme spraviť pomocou programu Microsoft Excel. Konkrétne cez Riešiteľa, čo je doplnok Excelu. Pracuje s rozhodovacími premennými a upravuje ich hodnoty tak, aby limity v bunkách s obmedzeniami, ktoré sú dopredu určené, neboli prekročené a získali sme požadované výsledky pre zvolenú cieľovú bunku. Všetky obrázky znázornené v tejto podkapitole sú vlastné spracovanie.

#### **5.3.1 Programovanie makra v jazyku VBA**

Optimalizáciu využitím ekonometrického modelu sme sa rozhodli spraviť cez programovací jazyk VBA pomocou zdrojových kódov. Keďže boli používané rôzne vzorce, znázornené sú iba ich ukážky.

Pomocou makra sme vytvorili príkazy, ktoré vypočítajú všetky potrebné vzorce. Pri „obyčajnom“ vkladaní vzorcov cez Excel, by mohlo nastať viac chýb, ktoré by sa ťažko hľadali a kontrolovali. Makro je výhodnejšie použiť, lebo pri samotnom vytváraní rovno ukáže chyby, ktoré sa hneď musia opraviť. Vďaka tomu sa makro stáva jednoduchším na prácu.

Jedným z prvých krokov, ktoré bolo potrebné urobiť, bolo zadanie vzorcov do rovníc správania. Vzorce vznikli na základe konečných odhadov parametrov modelov. Ak chceme zadávať vzorce vo VBA, začíname príkazom Sub (názov) a po skončení zadávaných kódov musíme ukončiť End Sub, je to signál, že už je procedúra ukončená.

```

Sub vzorec()
Range("C40").Value2 = "=sum(-173.5576+0.577*5703.32+0.314*C28-0.459*23324.74+1.321*C10-C23) "
Range("D40").Value2 = "=sum(-173.5576+0.577*C23+0.314*D28-0.459*C28+1.321*D10-D23) "
Range("E40").Value2 = "=sum(-173.5576+0.577*D23+0.314*E28-0.459*D28+1.321*E10-E23) "
Range("F40").Value2 = "=sum(-173.5576+0.577*E23+0.314*F28-0.459*E28+1.321*F10-F23) "
Range("G40").Value2 = "=sum(-173.5576+0.577*F23+0.314*G28-0.459*F28+1.321*G10-G23) "
Range("H40").Value2 = "=sum(-173.5576+0.577*G23+0.314*H28-0.459*G28+1.321*H10-H23) "
Range("I40").Value2 = "=sum(-173.5576+0.577*H23+0.314*I28-0.459*H28+1.321*I10-I23) "
Range("J40").Value2 = "=sum(-173.5576+0.577*I23+0.314*J28-0.459*I28+1.321*J10-J23) "

```

Obrázok č. 5.3.1 ukážka zápisu vzorca vo VBA

Ďalej bolo potrebné zadať vzorce pre cieľ 1 a cieľ 2 a účelovú funkciu. Tak isto ako v predchádzajúcom prípade sme vytvorili procedúru pomocou Sub, tentokrát okrem potrebného vzorca je zahrnutý v procedúre aj príkaz na názov bunky.

```

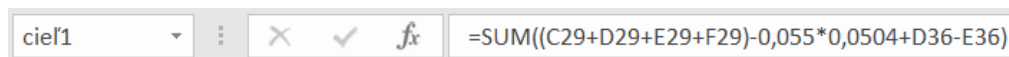
Sub cieľ1()
Range("C51").Value = "=sum((C29+D29+E29+F29)-0.055*0.0504+D36-E36) "
Range("C51").Name = "cieľ1"
End Sub

Sub cieľ2()
Range("C52").Value = "=sum((G29+H29+I29+J29)-0.05*(C29+D29+E29+F29)+F36-G36) "
Range("C52").Name = "cieľ2"
End Sub

Sub uf()
Range("C53").Value2 = "=sum(1*D36+E36+1*F36+G36) "
Range("C53").Name = "UF"
End Sub

```

Obrázok č. 5.3.2 ukážka zápisov vzorcov vo VBA



Obrázok č. 5.3.3 ukážka funkčnosti makra pre názov bunky

Posledným krokom bolo zapísanie potrebných parametrov doplnku Riešiteľ. Ako prvý krok po spustení procedúry bol zápis *solverreset* – slúži ako kontrola na resetovanie doplnku Riešiteľ, ak by bol náhodou pred tým používaný, nech vymaže údaje a bude brať do úvahy iba to, čo sa bude písať ďalej do kódu.

Príkaz *SolverOk* slúži na zadanie cieľa, kde nám Riešiteľ vypočíta výsledok – v našom prípade je to bunka nazvaná UF, pod číslom 2 je zaznačené, aby rátať Riešiteľ minimum a posledná vec zaznačená v tomto príkaze je zmena premenných buniek.

Ďalší príkaz je *SolverAdd*, ktorý slúži na nastavenie ohraničení. My sme si stanovili osem ohraničení. Najskôr je ľavá strana, potom číslo zastupuje znamienko (menší alebo rovný, rovná sa, väčší alebo rovný) a potom je pravá strana ohraničenia. Máme ohraničenia predstavujúce exogénne premenné, ktoré majú byť menšie nanajvýš rovné ako vypočítané

horné hranice, exogénne premenné, ktoré majú byť väčšie nanajvýš rovné ako dolné hranice, endogénne premenné optimalizované majú byť väčšie nanajvýš rovné nula, takisto aj odchýlkové premenné a rovnice správania, a stanovené ciele sa majú rovnať nula. Podstatné pri zápise ohraničení je ich zakotviť – vznikne absolútne adresovanie a hodnoty sa nemenia.

Cez príkaz *SolverOptions* vyberáme možnosti, či chceme zabezpečiť nezápornosť hodnoty premenných, ktoré sú bez obmedzenia a vyberáme metódu riešenia Solveru.

*SolverSolve (True)* zabezpečuje vyriešenie úlohy bez vyhododenia konečnej tabuľky, výsledky doplnku Riešiteľ, v ktorej sa dá vybrať, či chceme ponechať vypočítané hodnoty alebo obnoviť pôvodne a aké zostavy chceme zobrazit'.

Ako posledný príkaz je *SolverFinish*, cez ktorý rovno vyberáme, čo chceme, aby nám doplnok po vypočítaní zobrazil. Máme zadanú iba hodnotu 1 – ponechanie optimálneho riešenia. A na záver musí byť End Sub.

```
Sub solver()
solverreset
Call solverok("UF", 2, , "C10:J11;C13:J13;C23:J31;D36:G36")
Call solveradd("C10:J11", 1, "$C$69:$J$70")
Call solveradd("C10:J11", 3, "$C$75:$J$76")
Call solveradd("C13:J13", 1, "$C$72:$J$72")
Call solveradd("C13:J13", 3, "$C$78:$J$78")
Call solveradd("C23:J31", 3, "0")
Call solveradd("C40:J48", 2, "0")
Call solveradd("C51:C52", 2, "0")
Call solveradd("D36:G36", 3, "0")
solveroptions assumenonneg:=True, multistart:=True
soldersolve (True)
Call solverfinish(1)
End Sub
```

Obrázok č. 5.3.4 Ukážka zápisu príkazov na výpočet Solveru

Obrázok č. 5.3.5 Ukážka funkčnosti makra pre Solver

## ZÁVER

Diplomová práca bola zameraná na odhad vhodného viacrovnícového modelu ekonomiky Slovenskej republiky využitím údajov získaných zo Štatistického úradu a jeho následná optimalizácia pomocou cieľového programovania.

V prvej kapitole sú spomenuté celosvetovo známe definície rôznych autorov, ktorí prispeli k základom ekonometrie až k postupnému vzniku ekonometrie ako vedného odboru samostatného. Jedna z najpoužívanějších definícií pre ekonometriu je jej kombinácia kvantitatívnej ekonomickej disciplíny, ktorá využíva poznatky matematiky, štatistiky a ekonomickej teórie. Ďalej sa spomínali zmeny v ekonomike Slovenska po vstupe do Európskej únie, kedy došlo k nárastu priemernej nominálnej mzdy, vďaka spoločnej mene a voľnému pohybu v rámci krajín Európskej únie sa zvýšil zahraničný obchod. Euro prinieslo aj negatívny dopad, ako nárast cien tovarov a služieb. Otvorenie hraníc pomohlo k exportu do zahraničia, začala rásť zamestnanosť v službách. V závere kapitoly je spomenutý matematický prístup v ekonometrii. Môžeme hovoriť o dvoch cieľoch. Prvým je priradiť empirické dáta k ekonomickej teórii a druhým cieľom je tieto dáta empiricky spracovať a následne ich overiť.

Druhá kapitola bola venovaná cieľu práce. Stanovené boli dva ciele diplomovej práce. Prvým bolo úspešné zostavenie viacrovnícového ekonometrického modelu Slovenskej republiky a druhým bola optimalizácia na základe zostaveného ekonometrického modelu.

Ako už samotný názov tretej kapitoly hovorí, bola zameraná na metodiku práce a postupy výpočtov, ktoré sú prezentované neskôr. Najskôr boli vysvetlené rozdiely medzi jednorovnicovými a viacrovnícovými modelmi, aký je medzi nimi rozdiel. Keďže v práci využívame dvojstupňovú metódu najmenších štvorcov, tak bola viac priblížená a okrem nej boli spomenuté aj iné metódy odhadov parametrov. Nezabudli sme ani na testovanie štatistickej významnosti parametrov, aj modelu ako celku a v neposlednom rade bola opísaná aj autokorelácia, s ktorou sme sa pri modelovaní stretli. Na konci kapitoly sa opísalo prognózovanie pomocou simulácie ex post.

Štvrtá kapitola patrila výhradne modelovaniu rovníc a odhadu ekonometrického modelu Slovenskej republiky v programe EViews, ktorý je ekonometrickým programom zameraným presne na takéto skúmania. Zostavených bolo 9 rovníc, z toho je 5 stochastických a 4 identity. Cez stochastické rovnice sa vyjadrila konečná spotreba domácností, tvorba hrubého kapitálu, import tovarov a služieb, priemerná hrubá nominálna

mzda a zamestnanosť, cez identity sú opísané disponibilný príjem, produktivitu práce, hrubý domáci produkt a nezamestnanosť. Na rovniciach bola zabezpečená neprítomnosť autokorelácie a všetky parametre v rovniciach boli štatisticky významné. Po verifikácii modelu bola vykonaná simulácia ex post, ktorá sa uskutočnila pre všetky endogénne premenné.

Piata kapitola sa venovala optimalizácii hospodárskej politiky na základe zostaveného ekonometrického modelu pomocou techník cieľového programovania. Optimalizácia sa vykonala v MS Office pomocou doplnku Riešiteľ. Celé sme to zrealizovali cez programovací jazyk VBA. V tejto poslednej kapitole sú znázornené ukážky kódov ako bola celá optimalizácia navrhnutá a zrealizovaná cez Riešiteľ'a. Prvým krokom pre celú optimalizáciu bolo stanovenie si cieľov. Riešili sme dve úlohy. V prvej úlohe bol cieľ tempo rastu HDP, v druhej úlohe miera nezamestnanosti. Cieľom v prvej úlohe je 2,8 % a 2,99 % tempo rastu HDP a cieľom v druhej úlohe je miera nezamestnanosti 5,5 % a 6 %. K takto stanoveným cieľom sme k prvej úlohe – tempo rastu HDP – priradili váhy. Ďalším krokom bolo určenie si koeficientov pre exogénne premenné, z ktorých sa vypočítali dolné a horné hranice premenných pre jednotlivé pozorované obdobia. Nato, aby sme vedeli ciele splniť, museli sme upravovať koeficienty exogénnych premenných, aby sme rozšírili rozhodovací priestor. Hranice boli najskôr rozšírené od 0,95 po 1,15, čo stále nestačilo na dosiahnutie optimálneho výsledku a splnenia cieľov, nakoniec koeficienty siahali od 0,75 po 1,3. Po zadaní potrebných vzorcov, cieľov a podmienok vyšli odchýlkové premenné aj ciele splnené pri miere nezamestnanosti aj pri miere tempa rastu HDP.

Aplikácia optimalizačného prístupu na základe ekonometrického modelu, ktorá bola predstavená v tejto diplomovej práci nasvedčuje, že formovanie makroekonomickej politiky umožňuje nastavenie makroekonomických nástrojov, hľadanie a simulovanie rôznych scenárov hospodárskej politiky. Použité postupy, ktoré boli obsiahnuté v práci svedčia o tom, že ich je možné použiť na formovanie hospodárskej politiky s využitím ekonometrických a optimalizačných techník.

## ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

1. IVANIČOVÁ Z., CHOCHOLATÁ M., SURMANOVÁ K. *Ekonometrické modelovanie*. Bratislava: EKONÓM, 2012, 352 s. ISBN 978-80-225-3381-2.
2. CHAJDIK J., IŠTVÁNIKOVÁ A. *Metódy prognózovania ekonometrického vývoja – regresné a ekonometrické modelovanie*. Bratislava: STATIS, 2001, 142 s. ISBN 80-85659-22-0.
3. LUKÁČIK M., LUKÁČIKOVÁ A., SZOMOLÁNY K. *Ekonometrické modelovanie v programoch EViews a Gretl*. Bratislava: EKONÓM, 2011, 330 s. ISBN 978-80-225-3320-1.
4. LUKÁČIKOVÁ A. *Metodológia syntézy optimalizačných a ekonometrických prístupov makroekonomického modelovania - Dizertačná práca*. 2004, 92 s.
5. ŠIKULOVÁ I. a kol. *Slovenská ekonomika: desať rokov členstva v Európskej únii, Vybrané témy a problémy*. Bratislava: Slovenskej akadémie vied, 2014. ISBN 978-80-7144-228-8.
6. ANTONYOVÁ A. *Ekonometria a matematické modelovanie*. Prešov: Datapress, 2010, ISBN 978-80-967289-6-1.
7. HUŠEK R. *Ekonomická analýza*. Praha: Oeconomica Praha, 2007, 368 s. ISBN 978-80-245-1300-3.
8. OBTULOVICH P. CSc. *Ekonometria*. Nitra: SPU, 2010, 174 s. ISBN 978-80-552-0389-8.
9. HATRÁK M. *Ekonometria*. Bratislava: Iura Edition, 2007, 503 s. ISBN 978-80-8078-150-7
10. CIPRA T. *Finanční ekonometrie*. 2.vyd. Praha: Ekopress, 2013, 538 s. ISBN 978-80-86929-93-4
11. PEKÁR J., FURKOVÁ A. *Prípadné štúdie z viackriteriálneho rozhodovania*. Bratislava: EKONÓM, 2014, 168 s., ISBN 978-80-225-3837-4
12. BLUESCHKE D., BLUESCHKE-NIKOLAEVA V., NECK R.: *Stochastic Control of Econometric Models for Slovenia*. Alpen-Adria-Universität Klagenfurt, 2013
13. WEYERSTRASS K., NECK R., HABER G.: *Optimal monetary and fiscal policies of Slovenia under flexible and fixed exchange rates*. Department of Economics, University of Klagenfurt, 2000, 65-67s. ISSN 1435-246X
14. SAKAKIBARA E.: *Dynamic Optimization and Economic Policy*. The American Economic Review, 1970, 826-836, <https://www.jstor.org/stable/1818283?seq=1>

15. ALT J.E., WOOLLEY T.: *Reaction Functions, Optimization and Politics: Modelling the Political Economy of Macroeconomic Policy*. American Journal of Political Science, Vol.26, No.4, November 1982, <https://www.jstor.org/stable/2110969?seq=1>
16. BLUESCHKE D., WEYWESTRASS K., NECK R.: *Budget consolidation in a small open economy: a case study for Slovenia*. Post-Communist Economies, Volume 31, 2019, 325-348 s.  
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14631377.2018.1537735>