

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY



**MALÝ NEOKEYNESIÁNSKY MODEL
SLOVENSKEJ EKONOMIKY**

DIPLOMOVÁ PRÁCA

BRATISLAVA 2009

ŽANETA TRUMPEŠOVÁ

Malý neokeynesiánsky model slovenskej ekonomiky

DIPLOMOVÁ PRÁCA

Žaneta Trumpešová

**UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY
KATEDRA APLIKOVANEJ MATEMATIKY A ŠTATISTIKY**

Študijný odbor: 9.1.9 Aplikovaná matematika
Študijný program: Ekonomická a finančná matematika

Vedúci diplomovej práce: RNDr. Juraj Zeman, CSc.

BRATISLAVA 2009

Čestné prehlásenie

Prehlasujem, že som diplomovú prácu vypracovala samostatne pod vedením školiteľa, len za pomoci konzultácií, s použitím nadobudnutých teoretických vedomostí a na základe uvedenej literatúry.

V Bratislave, 27. apríla 2009

.....
Žaneta Trumpešová

Pod'akovanie

Na tomto mieste by som sa chcela poďakovať svojmu odbornému konzultantovi pánovi **RNDr. Jurajovi Zemanovi, CSc.** za sprístupnenie literatúry, za jeho cenné rady a konzultácie, ktoré ma motivovali pri písaní tejto diplomovej práce.

Abstrakt

Trumpešová, Žaneta: *Malý neokeynesiánsky model slovenskej ekonomiky*. [Diplomová práca]. Univerzita Komenského v Bratislave. Fakulta matematiky, fyziky a informatiky; Ekonomická a finančná matematika; Katedra aplikovanej matematiky a štatistiky. Školiteľ: RNDr. Juraj Zeman, CSc. Bratislava: FMFI UK, 2009. 55 s.

Dynamické stochastické modely všeobecnej rovnováhy (DSGE modely) predstavujú najnovší smer tak v teórii ako aj v aplikácii. DSGE modely sú makroekonomické modely založené na mikroekonomických základoch. Cieľom diplomovej práce je predstaviť základný neokeynesiánsky DSGE model pre malú otvorenú ekonomiku, ktorý by vystihoval základné črty slovenskej ekonomiky s dôrazom na transmisný mechanizmus. Model je tvorený vzťahmi pre domácnosti, firmy, centrálnu banku, vládu a zahraničný sektor. Práca obsahuje postup riešenia modelu s racionálnymi očakávaniami a analyzuje fungovanie slovenskej ekonomiky na základe simulácií po zavedení exogénnych šokov.

Kľúčové slová: neokeynesiánska ekonomika, dynamický stochastický model všeobecnej rovnováhy (DSGE model), bayesovský prístup

Abstract

Trumpešová, Žaneta: *A small New Keynesian model of the Slovak economy* [Master thesis]. Comenius University, Bratislava. Faculty of Mathematics, Physics and Informatics; Mathematics of Economics and Finance; Department of Applied Mathematics and Statistics. Supervisor: RNDr. Juraj Zeman, CSc. Bratislava: FMFI UK, 2009. 55 p.

Dynamic stochastic general equilibrium models (DSGE models) represent the latest trend in the theory as well as in the application. DSGE models are macroeconomics models based on the microeconomics foundations. The objective of the diploma thesis is to present the basic New Keynesian DSGE model of the small open economy that would describe key features of the Slovak economy with an emphasis on the transmission mechanism. The model is created by the relations of representative households, firms, a central bank, a government and a foreign sector. The thesis contains the method for solving the model containing rational expectations and analyzes the dynamic behavior of the Slovak economy based on simulated model responses to various shocks.

Key words: New Keynesian economic, dynamic stochastic general equilibrium model (DSGE model), Bayesian approach

Obsah

1	Úvod	7
2	Neokeynesiánska ekonómia	9
2.1	Ekonomické fluktuácie a ich simulácie.....	9
2.2	Predpoklady neokeynesiánskej teórie	11
2.2.1	Nedokonale konkurenčné trhy	11
2.2.2	Pomalé prispôsobovanie miezd a cien	12
2.2.3	Nominálne rigidity	13
3	Popis modelu	15
4	Malá otvorená ekonomika	16
4.1	Domácnosti	16
4.2	Firmy	19
4.2.1	Technológia.....	19
4.2.2	Určovanie cien	20
4.2.3	Importéri.....	21
4.3	Centrálne banky.....	23
4.4	Vládny sektor	24
5	Zahraničná ekonomika	26
6	Ekvilibrium modelu	28
6.1	Stacionarizácia systému	29
6.2	Log-linearizácia.....	32
6.3	Odhad parametrov	36
6.3.1	Kalibrácia	36
6.3.2	Bayesovské odhady parametrov.....	37
7	Reakcia modelu na šoky	43
7.1	Menový šok.....	44
7.2	Šok v reálnom výmennom kurze.....	46
7.3	Šok v zahraničnej úrokovej sadzbe.....	47
7.4	Šok vo fiškálnej politike.....	48
7.5	Korelačná analýza	49
8	Záver	50
	Dodatok	51
	Zoznam použitej literatúry	54

1 Úvod

Dynamické stochastické modelovanie všeobecnej rovnováhy (DSGE modeling) je vetvou aplikovanej teórie všeobecnej rovnováhy, ktorá má rozhodujúci význam v dnešnej makroekonómike. Tieto modely patria k modernému prúdu v rámci ekonomických metód založených na simuláciách. Metodológia DSGE sa pokúša vysvetliť základné ekonomické javy (ekonomický rast, hospodárske cykly, monetárnu a fiškálnu politiku) na základe makroekonomických modelov vychádzajúcich z mikroekonomických predpokladov. DSGE modely zahŕňajú problematiku makroekonomického modelovania v centrálnych bankách a sú súčasťou nových ekonomických techník, ktoré sa používajú v menovej politike. Výhrady Lucasovej kritiky, s ktorými štandardné modely zápasia, sú v DSGE modeloch eliminované¹.

DSGE modely sú založené na teórii dynamického stochastického všeobecného ekvilibria, využívajúc metodologické výhody modernej makroekonómie. DSGE modely sú dynamické, a teda študujú, ako sa ekonomika vyvíja v čase. Stochastická vlastnosť DSGE modelov predstavuje schopnosť popísať zmeny systému v čase podmienené vplyvom náhodných šokov, akými sú napríklad technologické zmeny alebo fluktuácie cien. Využitie DSGE modelov v hospodárskej politike prináša detailnejší pohľad na fungovanie ekonomiky a prispieva ku skvalitneniu ekonomických prognóz.

Cieľom diplomovej práce je predstaviť a analyzovať neokeynesiánsky DSGE model malej otvorenej ekonomiky, ktorý by vystihoval základné črty slovenskej ekonomiky s dôrazom na transmisný mechanizmus. Naším účelom je poukázať na praktické využitie v centrálnych bankách pri odhadovaní budúceho vývoja ekonomiky, ako aj zhodnotiť vplyv exogénnych šokov na sledované veličiny modelu.

Práca je rozdelená do ôsmich kapitol, pričom prvá kapitola je úvodom do problematiky. Charakteristikou všeobecnej neokeynesiánskej teórie sa zaoberáme v druhej kapitole. Dôraz kladieme na ekonomické pozadie modelu a prostredníctvom analýzy základných vlastností neokeynesiánskej ekonómie poukážeme na vplyv cenových a mzdových rigidít. V tejto časti ďalej rozoberieme vlastnosť pomalého prispôsobovania miezd a cien a budeme sa venovať aj existencii nedokonale konkurenčných trhov.

¹ Lucasova kritika bola zameraná najmä na chýbajúci prvok očakávania v keynesovských modeloch a na neúčinnosť monetárnej politiky.

V tretej kapitole definujeme základné požiadavky na model malej otvorenej ekonomiky, ktorý bude reprezentovať realitu nedokonale konkurenčných trhov.

Predmetom štvrtej kapitoly je analyzovať vlastnosti jednotlivých agentov malej otvorenej ekonomiky – domácností, firiem, centrálnej banky a vlády. Popíšeme ich optimálne správanie v rámci daných ohraničení a prostredníctvom Calvovho mechanizmu zavedieme do modelu nepružnosť cien, ktorá patrí medzi typické neokeynesiánske predpoklady.

V piatej kapitole sa zameriame na zahraničnú ekonomiku, ktorá vstupuje do modelu exogénne. Predstavíme vlastnosti zahraničného sektora a vysvetlíme jeho vzťah k malej otvorenej ekonomike.

V šiestej kapitole je opísaný postup nájdenia ekvilibria modelu. Transformáciou premenných model stacionarizujeme a log-linearizáciou okolo ustáleného stavu získame systém lineárnych rovníc, ktoré v ďalšej časti vyriešime. Na základe reálnych dát určíme neznáme parametre modelu použitím kalibrácie a metódy bayesovských odhadov.

V siedmej kapitole sa zaoberáme pôsobením exogénnych šokov na ekonomiku. Simulácie dát získame riešením modelu pomocou programu DYNARE. Zameriame sa na šok menovej politiky, šok v reálnom výmennom kurze, šok v zahraničnej úrokovej sadzbe a šok vo fiškálnej politike. V jednotlivých podkapitolách bližšie rozoberieme vplyvy týchto šokov na endogénne premenné modelu a sformulujeme závery o ich dopade na slovenskú ekonomiku.

Záverečná časť práce patrí zhrnutiu a okomentovaniu dosiahnutých výsledkov. Posúdime vhodnosť modelu pre slovenskú ekonomiku a zároveň sa zmienime o možných smeroch rozširovania nášho modelu.

2 Neokeynesiánska ekonómia

Cieľom tejto kapitoly je poskytnúť stručný prehľad základných vlastností neokeynesiánskej ekonómie so zameraním na makroekonomickú problematiku a objasniť vplyv nominálnych a reálnych rigidít v ekonomike.

2.1 Ekonomické fluktuácie a ich simulácie

Makroekonomické ukazovatele, ako je spotreba, produkcia, investície a ceny vykazujú značné krátkodobé výkyvy. Niekedy produkcia a zamestnanosť rýchlo klesnú a nezamestnanosť vzrastie, alebo naopak produkcia a zamestnanosť narastú a nezamestnanosť prudko poklesne. Tento jav, známy ako makroekonomické fluktuácie, je jednou z ústredných tém makroekonomiky (popri vysvetlení príčin rastu).

Makroekonomické výkyvy majú významný vplyv na blahobyt spoločnosti. Vzhľadom k tomu, že ekonomické subjekty sú averzné k riziku, ich neschopnosť chrániť spotrebu pred fluktuáciami spôsobuje stratu blahobytu. Lepšie pochopenie príčin a dôsledkov makroekonomických výkyvov môže obmedziť stratu blahobytu a výrazne zvýšiť spokojnosť spoločnosti.

Fluktuácie v ekonomike je ťažké dopredu predvídať. Sú rozložené veľmi nerovnomerne a nevykazujú žiadny pravidelný alebo cyklický charakter. Rozsah poklesu produkcie počas recesie a dĺžka medzi koncom a začiatkom budúcej recesie sa výrazne odlišujú. Keďže výkyvy produkcie sú veľmi nepravidelné, moderná makroekonomika sa odklonila od pokusov interpretovať fluktuácie ako kombinácie deterministických cyklov rôznych dĺžok. Namiesto toho prevláda názor, že ekonomika je rušená náhodnými vplyvmi rozličných typov a dĺžok vo viac alebo menej náhodných intervaloch².

Je prirodzené začať s otázkou, či sa fluktuácie dajú vysvetliť Walrasovým modelom, t.j. dokonale konkurenčným modelom bez akýchkoľvek externalít, asymetrickej informácie a len s dvomi ekonomickými subjektmi³. Ak by sa fluktuácie dali Walrasovým modelom popísať, ich analýza by nevedla k rozporu s tradičnou

² Tento názor sa objavuje napríklad v práci Romer (1996).

³ V tomto všeobecne rovnovážnom modeli sú komodity identické, trh je sústredený na jednom mieste a výmena je okamžitá. Jednotlivci sú plne informovaní o výmene tovaru a obchodné podmienky sú pre obe strany známe.

mikroekonomickou analýzou. Walrasova schéma teda predstavuje len najjednoduchší model ekonomiky, ktorý je príliš vzdialený od ekonomickej reality.

Od Walrasovho modelu je odvodený Ramseyho model, ktorý charakterizuje ekonomický rast na makroekonomickej úrovni v agregátnej a uzavretej ekonomike. Model nevyklučuje trhové nedostatky a vychádza z heterogénnosti medzi domácnosťami. Rozšírením Ramseyovho modelu je možné zahrnúť do modelu agregátne fluktuácie. To však vyžaduje modifikáciu modelu dvomi spôsobmi. Po prvé, musí obsahovať zdroj náhodných vplyvov, pretože bez šokov Ramseyho model konverguje ku krivke rovnomerného rastu. Pre zahrnutie fluktuácií je teda potrebné zaviesť do Ramseyovho modelu technologické šoky, t.j. zmeny v produkčnej funkcii z periódy na periódu⁴. Neskôršie práce v tejto oblasti kladú dôraz aj na zmeny vo vládných výdavkoch⁵. Oba typy šokov reprezentujú reálne náhodné vplyvy, preto takéto modely nazývame RBC (Real Business Cycle) modely.

Druhou zmenou, ktorú je potrebné zaviesť do Ramseyovho modelu, je pripustenie výkyvov v zamestnanosti. RBC modely tento predpoklad zahŕňajú. Berú do úvahy zmeny v pracovnej sile domácností, a teda užitočnosť domácností je závislá nielen na spotrebe, ale aj na čase, ktorý domácnosti venujú odpočinku.

RBC modely sú založené na neoklasickom modeli rastu, ktorý predpokladá, že fluktuácie reálnych veličín sú spôsobené len reálnymi šokmi - technologickými pokrokmi alebo vládnymi výdavkami. Ideou RBC modelov je simulácia fluktuácií prostredníctvom vonkajších zásahov do celkovej produkcie. RBC modely pracujú s racionálnymi ekonomickými subjektmi a s dokonalými trhmi. Sú založené na predpoklade dokonale pružných miezd a cien, čo umožňuje neustále vyčisťovanie trhu. Článok Kydlanda a Prescottta (1982), ktorý prezentoval teóriu RBC modelov, sa stal východiskom pre DSGE (Dynamic Stochastic General Equilibrium) modely. RBC modely sú stochastické GE modely s reprezentatívnymi agentmi, ale iba s reálnymi veličinami. RBC modely mali však problémy vysvetliť niektoré empirické pozorovania.

Ďalšie smerovanie v tejto oblasti je známe pod názvom neokeynesiánske DSGE modely, ktoré sa v súčasnosti aj viacej využívajú. Neokeynesiánske modely sú komplexnejšie, a teda aj bližšie k ekonomickej realite. Neokeynesiánska teória prepojila keynesiánsku makroekonómiu s neoklasickými mikrozákladmi. Neokeynesiánske DSGE modely sú založené na podobnej teórii ako RBC modely, ale na rozdiel od nich

⁴ Kydland a Prescott (1982)

⁵ Christiano a Eichenbaum (1992)

zahŕňajú aj nominálne nepružnosti (nepružné ceny, nepružné mzdy) a rovnováha je úplne dynamická a nedokonale konkurenčná. V neokeynesiánskych DSGE modeloch centrálna banka má vplyv na HDP, preto sú fluktuácie reálnych veličín spôsobené aj nominálnymi šokmi a proces tvorby cien nesie v sebe rôzne prvky rigidít. Podľa neokeynesiánskeho prístupu by sa centrálna banka nemala zameriavať na riadenie množstva peňazí, ale na riadenie úrokových sadzieb podľa tzv. Taylorovho pravidla. Neokeynesiánske DSGE modely s nominálnymi rigiditami sú čoraz populárnejšie pre analýzu menovej politiky.

Súčasťou keynesiánskej politiky je stimulácia agregátneho dopytu s cieľom zabezpečiť plnú zamestnanosť. Keynesiánci tvrdili, že samotná samoregulácia nedokáže poskytnúť pracovné príležitosti, preto ich musí svojimi zásahmi vytvoriť štát. Podľa názoru predstaviteľov keynesiánskej teórie trhy výrobkov a služieb nie sú priebežne vyčisťované prostredníctvom cenových mechanizmov, pretože existujú bariéry, ktoré tento mechanizmus účinne narúšajú. Keynesiánske teórie sa od RBC modelov neodlišujú iba zahrnutím bariér v procese nominálneho prispôsobenia, ale tiež svojimi analýzami, ako by ekonomika fungovala za neprítomnosti bariér.

2.2 Predpoklady neokeynesiánskej teórie

2.2.1 Nedokonale konkurenčné trhy

Východiskom neokeynesiánskej ekonómie sú nedokonale konkurenčné trhy, ktoré sú základom väčšiny prístupov tohto ekonomického smeru. Predpoklad nedokonale konkurenčných trhov (najmä v podobe monopolistickej konkurenčnej štruktúry) je obsiahnutý vo väčšine neokeynesiánskych modelov. V metodológii neokeynesiánskej ekonomiky sú nedokonale konkurenčné trhy predpokladom pre analýzu nestability trhového systému a vysvetľujú správanie ekonomických subjektov na mikro-ekonomickej úrovni.

Nedokonala konkurencia je typická pre reálny trh. Vzniká vtedy, keď tovary vyrába iba určitý počet výrobcov. Najdôležitejším znakom nedokonale konkurenčného trhu práce je to, že mzdová sadzba nie je daná trhom, a teda firmy ju môžu ovplyvňovať. Okrem ceny práce dokáže výrobca ovplyvniť aj cenu výrobku na trhu tovarov a služieb. Predajcov tak považujeme za tvorcov cien (*price maker*). V prostredí nedokonalej

konkurencie tvoria firmy cenu výrobku pomocou cenovej prirážky. Je to pre ne výhodnejšie, ako tvoriť cenu na základe ekonomickej teórie, ktorá tvrdí, že optimálna cena je tam, kde sa hraničný príjem z dodatočne vyrobenej jednotky statku rovná nule. Firmy si svoje postavenie vyplývajúce z trhovej sily uvedomujú, a preto chcú pre seba získať z danej situácie čo najviac výhod. Ich cieľom je dosiahnuť nad trhom kontrolu a svojím konaním ho ovplyvňovať.

2.2.2 Pomalé prispôsobovanie miezd a cien

Východiskovou hypotézou neokeynesiánskej ekonómie je skutočnosť, že zmeny nominálneho agregátneho dopytu majú reálne dopady na infláciu, výstup a zamestnanosť. Tieto fluktuácie vplyvajú na reálne premenné ekonomiky prostredníctvom pomaly sa prispôsobujúcich miezd a cien. Nepružnosť (rigidita) miezd a cien je potom spravidla v neokeynesiánskej teórii považovaná za hlavný problém, ktorý spôsobuje nestabilitu trhového systému.

Neokeynesiánska ekonomika sa pokúša zdôvodniť makroekonomické fluktuácie na trhu tovarov a služieb prostredníctvom pomalých cenových prispôbení v podmienkach nedokonale konkurenčných trhov. Pomalé prispôsobovanie cien je vysvetľované vplyvom zmien agregátneho dopytu. Objavuje sa myšlienka, že úroveň miery inflácie má významný dopad na správanie ekonomických subjektov v podobe prispôsobovania cien⁶. Podľa neokeynesiánskej teórie nízka miera inflácie vedie k pomalému prispôsobovaniu cien a pomerne veľkému vplyvu na výstup.

Predstavitelia neokeynesiánskeho prístupu zameriavajú svoju pozornosť smerom k problematike tvorby cien a cenových rozhodnutí, ktoré vedú k strnulostiam na trhoch finančnej produkcie. Medzi faktory, ktoré privádzajú firmy k pomalému prispôsobovaniu cien, zaraďujú nedokonalé informácie na strane firiem o súčasnej situácii na trhu. Cenové rozhodnutie firiem je tak reakciou na rozhodnutie ostatných firiem⁷. Správanie firiem, vychádzajúce z predpokladu nedokonalých informácií, je významnou príčinou nepružností miezd v neokeynesiánskych modeloch.

⁶ Tento názor sa objavuje v práci Mankiw (1985)

⁷ Podľa Blancharda (1987)

2.2.3 Nominálne rigidity

Nedokonale konkurenčné trhy sú v prístupoch neokeynesiánskej ekonómie podkladom pre analýzu nominálnych a reálnych rigidít, ako na trhu tovarov a služieb, tak na trhu práce. Predpoklad rigidít miezd a cien tvorí jednu z hlavných charakteristík tohto ekonomického smeru. Príčinou vzniku rigidít je existencia nedokonalých informácií, ktoré sú neoddeliteľnou súčasťou nedokonale konkurenčných trhov. Tieto rigidity vedú k fluktuáciám v produktoch a zamestnanosti a sú príčinou, ktorá narúša stabilitu trhového systému. Podľa mnohých prístupov by odstránenie rigidít a väčšia flexibilita miezd a cien viedla ku stabilnejšej trhovej ekonomike.

Pozornosť neokeynesiánskych ekonómov sa sústredila na hľadanie nominálnych rigidít na trhoch tovarov a služieb. Nominálne rigidity sú výsledkom optimálneho správania sa firiem v prostredí nedokonalej konkurencie. Na trhoch produkcie sa nominálne rigidity stali predmetom intenzívneho výskumu, ktorý by umožnil vysvetliť vývoj reálnych miezd v priebehu hospodárskeho cyklu. Nepružnosť nominálnych miezd a cien je dôvodom, ktorý bráni plynulému prispôbaniu zmenám v agregátom dopyte.

Významnou nepružnosťou v neokeynesiánskych modeloch je rigidita cien. Predpoklad nepružných cien odráža realitu, v ktorej sa ceny zmluvne stanovujú na niekoľko nasledujúcich období. Rigidita cien je výsledkom racionálneho správania firiem na monopolisticky konkurenčnom trhu a vedie k neprispôbovaniu cien. Firmy predávajú za ceny vyššie ako hraničné náklady, čím získavajú pozitívny ekonomický zisk. Odchýlka ceny od hraničných nákladov je daná prostredníctvom prirážkového pomeru (*markup ratio*). Ak by firma znížila cenu, zvýši sa agregátny dopyt, čo by znamenalo prínos pre ostatné firmy a domácnosti. Firma, ktorá by uskutočnila zmenu ceny, by však nebola schopná v plnej miere získať svoj výnos. Z tohto dôvodu pokles ceny u jedinej firmy nie je v neokeynesiánskych modeloch racionálny, čo znamená, že samotná firma cenu nezníži.

Druhým typom zdrojov makroekonomických externalít sú mzdové rigidity. Neokeynesiánska teória je založená na predpoklade, že základom vzniku nedobrovoľnej nezamestnanosti a ekonomického kolísania sú nepružné mzdy. Podľa neokeynesiánov existujú príčiny, ktoré bránia plynulému prispôbaniu miezd pod vplyvom zmien agregátneho dopytu. Tieto teórie sa rozvíjajú v modeloch mzdových kontraktov. Všeobecným predpokladom v týchto modeloch je, že mzdy sú dojednávane na niekoľko období dopredu, a preto často dochádza k nesynchronizovanému začiatku a koncu

mzdových kontraktov. Výsledkom je prekrývanie mzdových kontraktov, a preto len niektoré mzdové kontrakty sa dokážu okamžite prispôbiť zmenám agregátneho dopytu a následne zmenám cenovej hladiny. Z pohľadu firiem je výhodné voliť dlhotrvajúce mzdy, čím sa znižuje averzia k riziku zamestnancov. Klesne tým fluktuácia pracovníkov vo firme a firma tak bude vykazovať menšie náklady ako v prípade častých zmien miezd. Vo všeobecnosti sú teda neokeynesiánske modely založené na predpoklade, že vyššia mzda je spojená s menšou fluktuáciou pracovníkov, menšími náklady a následne vyššou produktivitou práce.

3 Popis modelu

Skúmaný model je neokeynesiánsky dynamický stochastický model všeobecnej rovnováhy malej otvorenej ekonomiky založený na mikroekonomickom predpoklade a v rámci racionálnych očakávaní vysvetľuje fluktuácie ekonomiky. Niektoré vlastnosti modelu sa zhodujú s myšlienkami použitými v skorších prácach (Vašíček a Musil 2005, Monacelli 2003, Galí a Monacelli 2002). Ide najmä o ich výsledky ohľadom inflačného cielenia, úrokovej miery a monetárnej politiky.

Celý model je tvorený dvomi ekonomikami – domácou a zahraničnou. Domácu ekonomiku považujeme za malú a otvorenú, pričom zahraničná ekonomika je relatívne uzavretá a podstatne väčšia ako domáca ekonomika. Model malej otvorenej ekonomiky dobre vystihuje základné črty slovenskej ekonomiky, ktorá je ovplyvňovaná zahraničnou ekonomikou (eurozónou). Predpokladáme, že zahraničná ekonomika do modelu vstupuje exogénne a nie je ovplyvňovaná vývojom v domácej ekonomike.

Dôležitou súčasťou modelu je Taylorove pravidlo, ktoré reprezentuje monetárnu politiku centrálnej banky. Táto jednoduchá reakčná funkcia hovorí, ako má centrálna banka určiť úrokovú mieru v prípade, že sa domáca inflácia odchyľ od cieľenej inflácie alebo nastane produkčná medzera.

Vzťah medzi infláciou a reálnymi hraničnými nákladmi je popísaný neokeynesiánskou Phillipsovou krivkou v podmienkach racionálneho očakávania. Neokeynesiánska Phillipsova krivka je založená na predpoklade Calvovho vzťahu pre nepružné ceny, čo má opodstatnenie v reálnom správaní sa domácností a firiem.

Model tvorí päť reprezentatívnych agentov - reprezentatívne domácnosti, firmy, centrálna banka, vláda a zahraničný sektor. Centrálna banka vykonáva monetárnu politiku podľa Taylorovho pravidla. Do modelu sme zaviedli jeden typ reálnej nepružnosti (externé formovanie návykov v spotrebe) a dva druhy nominálnych nepružností (nepružnosť cien tovarov produkovaných v domácej ekonomike a nepružnosť cien importovaných tovarov).

Základné rovnice modelu sú výsledkom optimálneho správania sa zúčastnených agentov ekonomiky v rámci daných ohraničení. V závere model stacionarizujeme a vytvoríme log-linearizovanú verziu modelu, kde nebudú vystupovať konkrétne veličiny v úrovniach, ale ich odchýlky od ustálených hodnôt.

4 Malá otvorená ekonomika

V tejto kapitole predstavíme vlastnosti malej otvorenej ekonomiky, ktorá je tvorená domácnosťami, firmami, centrálnou bankou a vládou. V jednotlivých podkapitolách bližšie popíšeme optimálne správanie jednotlivých agentov v rámci daných ohraničení a na základe Calvovho mechanizmu zavedieme do modelu nepružnosť cien.

4.1 Domácnosti

Predpokladáme, že ekonomika pozostáva z veľkého množstva nekonečne dlho žijúcich identických domácností, ktorých počet sa s časom nemení. Všetky domácnosti majú rovnaké preferencie, a preto sa v každom okamihu rozhodujú rovnako. Reprezentatívne domácnosti v každej perióde optimalizujú svoju spotrebu a množstvo odpracovaných hodín. Snažia sa maximalizovať súčasnú diskontovanú hodnotu očakávanej užitočnosti odteraz až do nekonečna⁸ :

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t [U(C_t) - V(N_t)], \quad (4.1)$$

kde β je diskontný faktor, N_t sú odpracované hodiny v čase t a C_t je spotreba domácností v čase t . Spotreba C_t je definovaná prostredníctvom

$$C_t = \left[(1 - \alpha)^{\frac{1}{\eta}} C_{H,t}^{\frac{\eta-1}{\eta}} + \alpha^{\frac{1}{\eta}} C_{F,t}^{\frac{\eta-1}{\eta}} \right]^{\frac{\eta}{\eta-1}} \quad (4.2)$$

kde $C_{H,t}$ a $C_{F,t}$ sú spotreby domácich a zahraničných tovarov v malej otvorenej ekonomike. Spotreby $C_{H,t}$ a $C_{F,t}$ sú určené súčtom spotrebovaných množstiev príslušných tovarov:

$$C_{H,t} = \left(\int_0^1 C_{H,t}(i)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} di \right)^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}, \quad C_{F,t} = \left(\int_0^1 C_{F,t}(i)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} di \right)^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \quad (4.3)$$

⁸ V tejto kapitole vychádzame hlavne z [6].

Parameter η určuje elasticitu substitúcie medzi domácimi a zahraničnými tovarmi. Elasticita substitúcie pre individuálne produkty je daná parametrom ε . Predpokladáme, že $\eta > 0$ a $\varepsilon > 1$.

Ak si funkcie $U(C_t)$ a $V(N_t)$ definujeme ako $U(C_t) \equiv \frac{(C_t - H_t)^{1-\sigma}}{1-\sigma}$ resp. $V(N_t) \equiv \frac{N_t^{1+\varphi}}{1+\varphi}$, potom preferencie domácností sú opísané takouto funkciou užitočnosti:

$$E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left\{ \frac{(C_t - H_t)^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{N_t^{1+\varphi}}{1+\varphi} \right\} \quad (4.4)$$

Veličina H_t popisuje externé formovanie návykov v spotrebe (*habit formation*) a platí rovnosť $H_t = hC_{t-1}$, kde $h \in (0,1)$ je parameter tvorenia návykov a C_{t-1} predstavuje agregátnu spotrebu v čase $t-1$. Prostredníctvom člena H_t sme do nášho modelu zahrnuli určitý typ reálnej nepružnosti. Parameter σ je inverzná elasticita intertemporálnej substitúcie (*inverse elasticity of intertemporal substitution*) a φ predstavuje inverznú elasticitu ponuky práce (*inverse elasticity of labour supply*).

Domácnosti maximalizujú svoju funkciu užitočnosti vzhľadom na medzičasové rozpočtové obmedzenie, pričom ceny a mzdy vnímajú ako dané:

$$\int_0^1 [P_{H,t}(i)C_{H,t}(i) + P_{F,t}(i)C_{F,t}(i)] di + \left(\frac{D_{t+1}}{R_t} \right) \leq D_t + W_t N_t \quad (4.5)$$

pre $t = 0, 1, 2, \dots$, kde $P_{H,t}(i)$ a $P_{F,t}(i)$ označujú ceny i -teho domáceho a zahraničného tovaru, pričom premenné $C_{H,t}(i)$ a $C_{F,t}(i)$ vyjadrujú výdavky na tieto tovary. Veličina D_{t+1} je nominálna výplata v perióde $t+1$ z dlhopisov držaných na konci periódy t a W_t je nominálna mzda. Všetky predchádzajúce premenné sú vyjadrené v jednotkách domácej meny. Parameter R_t označuje hrubú nominálnu úrokovú sadzbu⁹.

Optimálne rozdelenie výdavkov na jednotlivé tovary popisujú dopytové funkcie:

$$C_{H,t}(i) = \left(\frac{P_{H,t}(i)}{P_{H,t}} \right)^{-\varepsilon} C_{H,t}, \quad C_{F,t}(i) = \left(\frac{P_{F,t}(i)}{P_{F,t}} \right)^{-\varepsilon} C_{F,t} \quad (4.6)$$

⁹ Hrubá nominálna úroková sadzba sa rovná nominálnej úrokovej sadzbe plus 1.

pre všetky $i \in [0,1]$, kde $P_{H,t} \equiv \left(\int_0^1 P_{H,t}(i)^{1-\varepsilon} di \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon}}$ a $P_{F,t} \equiv \left(\int_0^1 P_{F,t}(i)^{1-\varepsilon} di \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon}}$ sú cenové indexy pre domáce a importované tovary.

Optimálne rozdelenie výdavkov medzi domácimi a importovanými tovarmi je vyjadrené vzťahmi:

$$C_{H,t} = (1-\alpha) \left(\frac{P_{H,t}}{P_t} \right)^{-\eta} C_t, \quad C_{F,t} = \alpha \left(\frac{P_{F,t}}{P_t} \right)^{-\eta} C_t \quad (4.7)$$

kde $P_t \equiv \left[(1-\alpha)P_{H,t}^{1-\eta} + \alpha P_{F,t}^{1-\eta} \right]^{\frac{1}{1-\eta}}$ je index spotrebiteľských cien (CPI)¹⁰. V prípade, že sa cenové indexy domácich a zahraničných tovarov rovnajú, parameter α predstavuje podiel spotreby dovezených tovarov na celkovej domácej spotrebe, a teda reprezentuje mieru otvorenosti krajiny¹¹.

Po zintegrovaní cez všetky tovary na základe uvedených predpokladov môžeme medzičasové rozpočtové ohraničenie (4.5) prepísať do jednoduchšieho tvaru:

$$P_t C_t + \left(\frac{D_{t+1}}{R_t} \right) \leq D_t + W_t N_t \quad (4.8)$$

Rozpočtové ohraničenie vyjadruje, že výdavky na spotrebu ($P_t C_t$) a nákup dlhopisov (D_{t+1}/R_t) by nemali byť vyššie ako suma, ktorú domácnosť získa z držaných dlhopisov (D_t) a z množstva svojich odpracovaných hodín ($W_t N_t$).

Domácnosti sa musia voľbou C_t , N_t a D_t rozhodnúť, koľko budú pracovať a spotrebovať odteraz až do nekonečna pri danom ohraničení. Rozhodnutie medzi okamžitou spotrebou a spotrebou v budúcnosti robia domácnosti na základe svojho rozpočtového ohraničenia. Optimalizáciou funkcie užitočnosti pre reprezentatívne domácnosti dostávame pomocou Lagrangeovej metódy nasledujúce dve podmienky prvého rádu nazývané tiež Eulerove rovnice. Druhá rovnica je výsledkom použitia podmienených očakávaní a je známa ako IS krivka¹²:

$$(C_t - hC_{t-1})^\sigma N_t^\varphi = \frac{W_t}{P_t} \quad (4.9)$$

¹⁰ Pre neskoršie využitie je užitočné poznamenať, že v špeciálnom prípade pre $\eta=1$ nadobúda CPI tvar $P_t = P_{H,t}^{1-\alpha} P_{F,t}^\alpha$.

¹¹ Predpokladáme, že cenové indexy $P_{H,t}$ a $P_{F,t}$ sa rovnajú v ustálenom stave.

¹² Pozri Dodatok: "Odvodenie optimalizačných podmienok".

$$\beta R_t E_t \left\{ \left(\frac{C_{t+1} - hC_t}{C_t - hC_{t-1}} \right)^{-\sigma} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right\} = 1 \quad (4.10)$$

Intratemporálna optimalizačná podmienka v rovnici (4.9) určuje, že marginálny úžitok zo spotreby sa rovná hraničnej hodnote práce v ktoromkoľvek okamihu. Rovnica (4.10) predstavuje Eulerovu rovnicu pre intertemporálnu spotrebu.

4.2 Firmy

Na trhu je veľký počet firiem, ktoré využívajú prácu domácností na výrobu svojich tovarov. Firmy produkujú diferencované produkty na monopolisticky konkurenčnom trhu, navzájom si konkurujú v kvalite i cene. Model zahŕňa dva druhy firiem - domáci výrobcovia a importéri.

4.2.1 Technológia

Domáce firmy vyrábajú tovary využívaním pracovnej sily domácností. Každá firma produkuje odlišný tovar s lineárnou produkčnou funkciou

$$Y_t(i) = A_t N_t(i), \quad (4.11)$$

kde A_t je technologický faktor a označuje produktivitu práce. Premenná A_t je exogénna a vyvíja sa podľa stochastickej rovnice náhodnej prechádzky s posunom:

$$\ln(A_t) = \ln(A_{ss}) + \ln(A_{t-1}) + \varepsilon_t^A, \quad (4.12)$$

pričom ε_t^A je biely šum s rozdelením $N(0, \sigma_\varepsilon^2)$. Rovnica popisuje nestacionárny autoregresný proces prvého rádu AR(1).

Za predpokladu, že veličina $Y_t \equiv \left[\int_0^1 Y_t(i)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} di \right]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}$ tvorí agregátny výstup domácej

ekonomiky a $N_t \equiv \int_0^1 N_t(i) di$ predstavuje agregátnu prácu, rovnicu (4.11) môžeme upraviť do tvaru:

$$Y_t = A_t N_t \quad (4.13)$$

Výrobcovia sa snažia minimalizovať náklady na produkciu prostredníctvom určovania svojich cien. Výsledkom ich optimalizácie je vzťah pre reálne hraničné náklady (*real marginal cost*):

$$MC_t = \frac{W_t}{P_{H,t}A_t}, \quad (4.14)$$

kde $P_{H,t}$ je cenový index domácich tovarov.

4.2.2 Určovanie cien

Predpokladáme, že firmy stanovujú ceny podľa spôsobu, ktorý definoval Calvo (1983). Podľa Calvovho mechanizmu každá firma určuje ceny svojich produktov, ale nie každá aktualizuje ceny každú periódu. Ak si zavedieme parameter pružnosti cien $\theta_H \in [0,1]$, potom časť náhodne vybraných firiem θ_H cenu tovarov v danej perióde neoptimalizuje, t.j. cena z predchádzajúceho obdobia podlieha iba indexácii (zmení sa o úroveň celkovej inflácie). Zvyšná časť firiem $1 - \theta_H$ stanovuje novú cenu v danej perióde na základe optimalizácie očakávanej diskontovanej hodnoty ziskov. Stanovením cien podľa Calvovho mechanizmu získame pre vývoj domácej inflácie $\pi_{H,t}$ v perióde t neokeynesiánsku Phillipsovu krivku v log-linearizovanom tvare:

$$\pi_{H,t} = \beta(1 - \theta_H)E_t\pi_{H,t+1} + \theta_H\pi_{H,t-1} + \frac{(1 - \theta_H)(1 - \beta\theta_H)}{\theta_H}mc_t, \quad (4.15)$$

kde nevystupujú konkrétne veličiny v úrovniach, ale ich percentuálne odchýlky¹³.

Použitím Calvovho mechanizmu sme do modelu zaviedli nepružnosť cien. Predpoklad nepružných cien je typickým vyjadrením neokeynesiánskej teórie. Parameter θ_H má nulovú hodnotu v prípade úplne pružných cien, kedy nastáva optimálne rozloženie zdrojov v rámci ekonomiky.

¹³ Premenná $\pi_{H,t}$ predstavuje odchýlku inflácie $\Pi_{H,t}$ od jej ustálenej (*steady state*) hodnoty $\Pi_{H,SS}$, t.j. $\pi_{H,t} = \ln(\Pi_{H,t}) - \ln(\Pi_{H,SS})$. Domáca inflácia $\Pi_{H,t}$ vyjadruje podiel cenových indexov domácich tovarov $\Pi_{H,t} \equiv \frac{P_{H,t}}{P_{H,t-1}}$, pričom transformovaná domáca inflácia v log-linearizovanom tvare $\pi_{H,t}$ potom predstavuje zmenu cenových indexov domácich tovarov $\pi_{H,t} \equiv p_{H,t} - p_{H,t-1}$. Takto transformované veličiny v log-linearizovanom tvare budeme označovať malými písmenami. V závere budeme s nimi pracovať a vytvoríme log-linearizovanú verziu modelu.

Neokeynesiánska Phillipsova krivka (4.15) je hľadiaca dopredu aj späť. Ak by všetky firmy boli schopné prispôbiť svoje ceny v každej perióde, t.j. $\theta_H = 0$, tak inflačný proces by bol čisto hľadiaci dopredu a dezinflačná politika by bola celkom bez nákladov. Reálne marginálne náklady, ktorým musia firmy čeliť, sú tiež významným faktorom domácej inflácie. Dopredu hľadiaca neokeynesiánska Phillipsova krivka vyjadruje skutočnosť, že firmy nastavujúce ceny v danej perióde t sa musia obávať budúcej inflácie, pretože nimi učená cena zostane v platnosti niekoľko períod. Preto výsledkom ich stanovenia cien je prirážka (*markup*) na cenu práce – prirážka k váženému priemeru očakávanej budúcej hodnoty hraničných nákladov.

4.2.3 Importéri

Druhým typom firiem v malej otvorenej ekonomike sú dovozcovia zahraničných výrobkov, ktoré sa následne predávajú a spotrebúvajú v domácej ekonomike. V zahraničnej ekonomike predpokladáme, že importované tovary vyrobené v malej otvorenej ekonomike tvoria len zanedbateľnú časť zahraničnej spotreby. To znamená, že cenový index tovarov v zahraničnej ekonomike P_t^* (kde hviezdička znamená, že ide o zahraničné premenné vyjadrené v zahraničnej mene) sa zhoduje s cenovým indexom tovarov vyrobených v zahraničnej ekonomike $P_{F,t}^*$. Na základe tohto predpokladu dostávame, že domáca a CPI inflácia v zahraničnej ekonomike sú ekvivalentné: $\Pi_t^* = \Pi_{F,t}^*$.

Ďalej predpokladáme, že P_t^* je exogénna premenná a vyvíja sa podľa stochastickej rovnice náhodnej prechádzky s posunom:

$$\ln(P_t^*) = \ln(P_{ss}^*) + \ln(P_{t-1}^*) + \varepsilon_t^{P^*}, \quad (4.16)$$

pričom $\varepsilon_t^{P^*}$ je biely šum s rozdelením $N(0, \sigma_{P^*}^2)$. Rovnica popisuje nestacionárny autoregresný proces prvého rádu AR(1).

Ďalším predpokladom je, že každá firma sa špecializuje na dovoz určitého tovaru a ceny dovezených tovarov sú stanovené podľa Calvovho mechanizmu podobne ako v prípade domácich výrobcov. Časť importérov má teda možnosť v danej perióde stanoviť optimálnu predajnú cenu, ktorá maximalizuje ich zisk a ktorá je vo všeobecnosti rozdielna od dovoznej ceny. Výsledkom ich nastavenia cien je *markup* na

cenu dovozu. Podľa tohto predpokladu sa v krátkodobom horizonte zmeny v cenách, za ktoré firmy nakupujú importy, nemusia v plnej miere prejavíť v cenách, za ktoré ich tieto firmy predávajú (*incomplete pass through*). Nemusí teda platiť pravidlo jednej ceny (*Law of One Price - LOOP*). LOOP medzeru Ψ_t v perióde t definujeme takto:

$$\Psi_t = \frac{P_t^*}{\varepsilon_t P_{F,t}}, \quad (4.17)$$

kde $P_{F,t}$ je cenový index importovaných tovarov. Premenná ε_t vyjadruje nominálny výmenný kurz slovenskej koruny a zahraničnej meny. Je definovaný v tvare, koľko jednotiek zahraničnej meny potrebujeme na nákup jednej slovenskej koruny, čo znamená, že posilňovanie koruny spôsobí nárast ε_t .

V prípade, že platí pravidlo jednej ceny, tak $P_t^*(i) = \varepsilon_t P_{F,t}(i)$ pre všetky $i \in [0,1]$.

Po zintegrování cez všetky tovary dostávame LOOP medzeru $\Psi_t = 1$.

Pre importovanú infláciu $\pi_{F,t}$ platí neokeynesiánska Phillipsova krivka:

$$\pi_{F,t} = \beta(1 - \theta_F)E_t \pi_{F,t+1} + \theta_F \pi_{F,t-1} + \frac{(1 - \theta_F)(1 - \beta\theta_F)}{\theta_F} \psi_t, \quad (4.18)$$

kde parameter $\theta_F \in [0,1]$ označuje podiel náhodne vybraných importujúcich firiem, ktoré ponechávajú v platnosti ceny z minulého obdobia (až na indexáciu) a zvyšná časť $(1 - \theta_F)$ firiem stanovuje novú cenu každú periódu. Premenná ψ_t vyjadruje odchýlku LOOP medzery Ψ_t od jej ustálenej hodnoty.

V celej práci vychádzame z predpokladu, že pravidlo jednej ceny (LOOP) platí pre export malej otvorenej ekonomiky, ale neplatí pre jej import. Tento predpoklad zachytáva skutočnosť, že Slovensko je cenový príjemca (*price taker*) s malou vyjednávacou schopnosťou na medzinárodných trhoch. Pri jeho exporte sú ceny stanovené exogénne zvyškom sveta. Na strane importu sa predpokladá, že dovozná cena sa rovná hraničným nákladom na veľkoobchodnej úrovni, pričom rigidity, vyplývajúce z neefektívnosti distribučných sietí, umožňujú monopolným predajcom odchýliť domáce dovozné ceny od svetových cien.

V modelovanej ekonomike využívame aj reálny výmenný kurz Q_t , ktorý je definovaný ako podiel indexov CPI vyjadrených v spoločnej mene:

$$Q_t = \frac{\varepsilon_t P_t}{P_t^*} \quad (4.19)$$

Log-linearizáciou rovnice $P_t = P_{H,t}^{1-\alpha} P_{F,t}^\alpha$ (CPI v malej otvorenej ekonomike pre $\eta=1$) okolo ustáleného stavu s $P_{H,SS} = P_{F,SS}$ dostávame pre CPI vzťah:

$$\begin{aligned} p_t &\equiv (1-\alpha)p_{H,t} + \alpha p_{F,t} \\ &= p_{H,t} + \alpha s_t, \end{aligned} \quad (4.20)$$

kde $s_t \equiv p_{F,t} - p_{H,t}$ predstavuje veličinu v log-linearizovanom tvare nazývanú výmenné relácie. Výmenné relácie S_t vyjadrujú vzťah medzi importovanou a domácou infláciou a určujú konkurencieschopnosť domácich výrobkov:

$$S_t = \frac{P_{F,t}}{P_{H,t}} \quad (4.21)$$

Nárast S_t zodpovedá nárastu konkurencieschopnosti pre domácu ekonomiku, nakoľko sa zvýšia zahraničné ceny alebo domáce ceny klesnú.

Keďže domácnosti spotrebúvajú tovary vyrobené aj doma aj v zahraničí, pre celkovú infláciu v log-linearizovanom tvare v čase t potom platí:

$$\pi_t = (1-\alpha)\pi_{H,t} + \alpha\pi_{F,t}, \quad (4.22)$$

kde parameter α vyjadruje mieru otvorenosti krajiny.

4.3 Centrálna banka

Centrálna banka vykonáva menovú politiku podľa Taylorovho pravidla, ktoré zohľadňuje ciele centrálnej banky. Hlavným cieľom centrálnej banky je udržiavanie cenovej stability. Ďalšími kritériami, ktoré sú v záujme centrálnej banky, je ekonomický rast a menová stabilita. Nepružnosti pri tvorbe cien majú za následok, že menová politika môže mať vplyv na reálne veličiny.

Existuje viacero modifikácií Taylorovho pravidla. My použijeme také, ktoré reaguje na odchýlky domácej inflácie a produkcie od ich ustálených hodnôt. Tým môže

centrálna banka stanovíť optimálnu úrokovú sadzbu v závislosti od inflačnej medzery a medzery HDP:

$$r_t = \rho r_{t-1} + (1 - \rho)(\Phi_\pi \pi_{H,t} + \Phi_y y_t) + e_{-r} \quad (4.23)$$

Pomocou parametrov Φ_π a Φ_y centrálna banka nastavuje veličinám $\pi_{H,t}$ a y_t potrebnú váhu. Úroková sadzba z predchádzajúceho kvartálu je v aplikovanom Taylorovom pravidle vyjadrená parametrom zotrvačnosti domácich úrokových sadzieb ρ . Tento parameter zabezpečuje vyhladzovanie domácej úrokovej sadzby a platí, že čím je parameter ρ vyšší, tým je efekt vyhladzovania silnejší. Člen e_{-r} predstavuje menový šok (označovaný aj ako peňažný či nominálny šok), ktorý zahŕňa napríklad zmeny relatívnej ponuky peňazí, preferencie likvidity alebo rýchlosti obehu peňazí.

4.4 Vládny sektor

Predpokladáme, že rovnovážna cena má schopnosť vyčistiť trh (*market clearing*). To znamená, že za danú cenu sa predá všetko, čo sa vyrobí. Všetky tovary, ktoré sa vyrobia v domácej ekonomike, sa v danom období aj spotrebujú, či už doma alebo v zahraničí. Keď do modelu zahrnieme vládny sektor, tak ďalšou zložkou výstupu sú vládne výdavky G_t . Potom podmienku trhovej rovnováhy môžeme zapísať nasledujúcim spôsobom:

$$Y_t(i) = C_{H,t}(i) + C_{H,t}^*(i) + G_t(i) \quad (4.24)$$

pre všetky $i \in [0,1]$ a všetky t , kde veličina $C_{H,t}^*(i)$ predstavuje spotrebu i -teho domáceho výrobku v zahraničí. Využitím vzťahov (4.6) a (4.7) a ich analogickou reprezentáciou pre zahraničnú ekonomiku získame vzťah pre produkciu i -teho tovaru $Y_t(i)$:

$$Y_t(i) = \left(\frac{P_{H,t}(i)}{P_{H,t}} \right)^{-\varepsilon} \left[\left(\frac{P_{H,t}}{P_t} \right)^{-\eta} (1 - \alpha) C_t + \left(\frac{\varepsilon_t P_{H,t}}{P_t^*} \right)^{-\eta} \alpha^* Y_t^* \right] + G_t(i), \quad (4.25)$$

kde parameter η vyjadruje elasticitu substitúcie medzi importovanými a doma vyrobenými tovarmi.

Po zintegrování cez všetky tovary sa dá rovnica (4.25) prepísať do tvaru¹⁴:

$$Y_t = \Psi_t^\eta S_t^\eta [(1 - \alpha)C_t Q_t^\eta + \alpha^* Y_t^*] + G_t \quad (4.26)$$

Vládne výdavky v log-linearizovanom tvare sú aproximované exogénnym procesom:

$$g_t = \rho_g g_{t-1} + e_{-g}, \quad (4.27)$$

kde ρ_g je autoregresný koeficient a e_{-g} predstavuje neočakávaný šok vo vládnych výdavkoch. Rovnica popisuje autoregresný proces prvého rádu AR(1).

¹⁴ Podrobné odvodenie podmienky trhovej rovnováhy (*market clearing*) je uvedené v [6].

5 Zahraničná ekonomika

Najskôr opíšeme, akým spôsobom sú spotreba a výstup určené v zahraničnej ekonomike. Zahraničný sektor je považovaný za exogénny vo vzťahu k malej otvorenej ekonomike. Predpokladáme, že domácnosti v zahraničnej ekonomike čelia úplne rovnakému optimalizačnému problému s identickými preferenciami. Podmienky optimality pre zahraničnú spotrebu sa teda odvodí analogickým spôsobom ako vo vzťahu (4.2) v malej otvorenej ekonomike s váhou tovarov vyprodukovaných v malej ekonomike α^* . Ako sme už spomínali, ekonomiku v zahraničí považujeme za relatívne uzavretú, pretože veľkosť malej otvorenej ekonomiky je vzhľadom k zvyšku sveta zanedbateľná. Za predpokladu uzavretosti zahraničnej ekonomiky zahraničná spotreba obsahuje iba tovar vyrobený v zahraničí, preto $C_t^* = C_{F,t}^*$ a $P_t^* = P_{F,t}^*$. Zameraním sa na limitný prípad, kde miera otvorenosti zahraničnej ekonomiky α^* konverguje k 0 ($\alpha^* \rightarrow 0$), je množstvo vyrobené v zahraničnej ekonomike ekvivalentné so zahraničnou spotrebou: $Y_t^* = C_t^*$

Zahraničný sektor tvorí v tomto modeli exogénnu časť, a preto je popísaný exogénnymi veličinami. Odchýlky výstupu y_t^* a nominálnych úrokových sadzieb r_t^* od ich ustálených hodnôt sú vyjadrené autoregresnými procesmi prvého rádu:

$$y_t^* = \rho_{y^*} y_{t-1}^* + e_{-y^*} \quad (5.1)$$

$$r_t^* = \rho_{r^*} r_{t-1}^* + e_{-r^*} \quad (5.2)$$

Členy e_{-y^*} a e_{-r^*} značia náhodný šok v zahraničnej produkcii resp. zahraničnej úrokovej sadzbe.

Za predpokladu kompletného medzinárodného finančného trhu rovnovážna cena bezrizikových dlhopisov vyjadrená v cudzej mene je určená rovnicou nekrytej úrokovej parity:

$$R_t = R_t^* \frac{\varepsilon_t}{E_t(\varepsilon_{t+1})} \quad (5.3)$$

Rovnica nepripúšťa arbitrážnu príležitosť v modeli a vyjadruje skutočnosť, že výnos z domácich dlhopisov sa rovná očakávanému výnosu zo zahraničných.

Za predpokladu kompletného trhu s cennými papiermi a za predpokladu, že parameter formovania zvykov v spotrebe je rovnaký v domácej ekonomike aj v zahraničí, platí rovnosť medzi Eulerovou rovnicou II v domácej a zahraničnej ekonomike:

$$\beta R_t E_t \left\{ \left(\frac{C_{t+1} - hC_t}{C_t - hC_{t-1}} \right)^{-\sigma} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right\} = \beta R_t^* E_t \left\{ \left(\frac{C_{t+1}^* - hC_t^*}{C_t^* - hC_{t-1}^*} \right)^{-\sigma} \frac{P_t^*}{P_{t+1}^*} \right\} = 1 \quad (5.4)$$

Prostredníctvom rovnice nekrytej úrokovej parity (5.3) sa dá Eulerova rovnica II v zahraničnej ekonomike (5.4) vyjadriť v tvare:

$$\beta R_t E_t \left\{ \left(\frac{C_{t+1}^* - hC_t^*}{C_t^* - hC_{t-1}^*} \right)^{-\sigma} \frac{P_t^*}{P_{t+1}^*} \frac{\varepsilon_{t+1}}{\varepsilon_t} \right\} = 1 \quad (5.5)$$

Zlúčením rovníc (4.10) a (5.5) s využitím rovnosti $Y_t^* = C_t^*$ a definície reálneho výmenného kurzu dostávame rovnicu zdieľania rizika (*risk sharing*):

$$(C_t - hC_{t-1}) = \mathcal{G} (Y_t^* - hY_{t-1}^*) \mathcal{Q}_t^{-\frac{1}{\sigma}}, \quad (5.6)$$

kde parameter \mathcal{G} je konštanta závislá od počiatkových podmienok.

6 Ekvilibrium modelu

Predstavili sme si správanie jednotlivých reprezentatívnych agentov v našom modeli a ich optimálnym správaním sme prišli k sústave rovníc:

$$1. \text{ Eulerova rovnica I: } (C_t - hC_{t-1})^\sigma N_t^\varphi = \frac{W_t}{P_t} \quad (6.1)$$

$$2. \text{ Eulerova rovnica II: } \beta R_t E_t \left\{ \left(\frac{C_{t+1} - hC_t}{C_t - hC_{t-1}} \right)^{-\sigma} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right\} = 1 \quad (6.2)$$

$$3. \text{ Produkčná funkcia: } Y_t = A_t N_t \quad (6.3)$$

$$4. \text{ LOOP medzera: } \Psi_t = \frac{P_t^*}{\varepsilon_t P_{F,t}} \quad (6.4)$$

$$5. \text{ Reálny výmenný kurz: } Q_t = \frac{\varepsilon_t P_t}{P_t^*} \quad (6.5)$$

$$6. \text{ Výmenné relácie: } S_t = \frac{P_{F,t}}{P_{H,t}} \quad (6.6)$$

$$7. \text{ Rovnica zdieľania rizika: } C_t - hC_{t-1} = \mathcal{G}(Y_t^* - hY_{t-1}^*) Q_t^{\frac{-1}{\sigma}} \quad (6.7)$$

$$8. \text{ Podmienka trhovej rovnováhy: } Y_t = \Psi_t^\eta S_t^\eta [(1-\alpha)C_t Q_t^\eta + \alpha^* Y_t^*] + G_t \quad (6.8)$$

$$9. \text{ Rovnica nekrytej úrokovej parity: } R_t = R_t^* \frac{\varepsilon_t}{E_t(\varepsilon_{t+1})} \quad (6.9)$$

$$10. \text{ Reálne hraničné náklady: } MC_t = \frac{W_t}{P_{H,t} A_t} \quad (6.10)$$

$$11. \text{ Index CPI: } P_t \equiv \left[(1-\alpha)P_{H,t}^{1-\eta} + \alpha P_{F,t}^{1-\eta} \right]^{\frac{1}{1-\eta}} \quad (6.11)$$

$$12. \text{ Domáca inflácia: } \pi_{H,t} = p_{H,t} - p_{H,t-1} \quad (6.12)$$

$$13. \text{ Importovaná inflácia: } \pi_{F,t} = p_{F,t} - p_{F,t-1} \quad (6.13)$$

$$14. \text{ Domáca inflácia: } \pi_{H,t} = \beta(1-\theta_H)E_t \pi_{H,t+1} + \theta_H \pi_{H,t-1} + \frac{(1-\theta_H)(1-\beta\theta_H)}{\theta_H} mc_t \quad (6.14)$$

$$15. \text{ Importovaná inflácia: } \pi_{F,t} = \beta(1-\theta_F)E_t \pi_{F,t+1} + \theta_F \pi_{F,t-1} + \frac{(1-\theta_F)(1-\beta\theta_F)}{\theta_F} \psi_t \quad (6.15)$$

$$16. \text{ Celková inflácia: } \pi_t = (1-\alpha)\pi_{H,t} + \alpha\pi_{F,t} \quad (6.16)$$

$$17. \text{ Menová politika: } r_t = \rho r_{t-1} + (1 - \rho)(\Phi_\pi \pi_{H,t} + \Phi_y y_t) + e_{-r} \quad (6.17)$$

$$18. \text{ Technologický faktor: } \ln(A_t) = \ln(A_{ss}) + \ln(A_{t-1}) + \varepsilon_t^A \quad (6.18)$$

$$19. \text{ Ceny v zahraničnej ekonomike: } \ln(P_t^*) = \ln(P_{ss}^*) + \ln(P_{t-1}^*) + \varepsilon_t^{P^*} \quad (6.19)$$

$$20. \text{ Vládne výdavky: } g_t = \rho_g g_{t-1} + e_{-g} \quad (6.20)$$

$$21. \text{ Zahraničná produkcia: } y_t^* = \rho_{y^*} y_{t-1}^* + e_{-y^*} \quad (6.21)$$

$$22. \text{ Nominálna úroková sadzba v zahraničnej ekonomike: } r_t^* = \rho_{r^*} r_{t-1}^* + e_{-r^*} \quad (6.22)$$

pre všetky $t = 1, 2, \dots$

System rovníc vyjadruje ekvilibrium pre 21 premenných: $Y_t, C_t, MC_t, R_t, Q_t, \Psi_t, S_t, \pi_t, \pi_{H,t}, \pi_{F,t}, W_t, N_t, \varepsilon_t, P_t, P_{H,t}, P_{F,t}, P_t^*, R_t^*, Y_t^*, A_t$ a G_t .

6.1 Stacionarizácia systému

Model budeme riešiť log-linearizáciou. Použitie linearizácie si vyžaduje, aby všetky veličiny vystupujúce v modeli boli stacionárne. V našom modeli však všetky premenné stacionárne nie sú. Nestacionárne sú všetky cenové indexy, pretože ich nestacionaritu spôsobuje cenový index tovarov v zahraničnej ekonomike P_t^* . Ďalšia nestacionarita je do modelu zavedená prostredníctvom veličiny A_t . Preto model stacionarizujeme transformáciou premenných.

Aby sme sa zbavili nestacionarity cenových indexov, použijeme nasledovnú transformáciu:

- $\hat{P}_{H,t} = \frac{P_{H,t}}{P_t^*}$
- $\hat{P}_{F,t} = \frac{P_{F,t}}{P_t^*}$
- $\hat{P}_t = \frac{P_t}{P_t^*}$

- $\hat{P}_t^* = \frac{P_t^*}{P_{t-1}^*}$

Podobnú transformáciu použijeme na odstránenie nestacionarity spôsobenej nestacionárnou veličinou A_t :

- $\hat{Y}_t = \frac{Y_t}{A_t}$
- $\hat{C}_t = \frac{C_t}{A_t}$
- $\hat{G}_t = \frac{G_t}{A_t}$
- $\hat{Y}_t^* = \frac{Y_t^*}{A_t}$
- $\hat{A}_t = \frac{A_t}{A_{t-1}}$

Ešte vykonáme transformáciu nominálnej mzdy W_t :

- $\hat{W}_t = \frac{W_t}{A_t P_t^*}$

Ostatné premenné, ktoré nestacionaritu nezdedili, ostávajú nezmenené: $MC_t, R_t, Q_t, \Psi_t, S_t, N_t, \pi_t, \pi_{H,t}, \pi_{F,t}, \varepsilon_t$ a R_t^* .

Transformáciou premenných na stacionárne premenné môžeme celý systém rovníc prepísať do tvaru:

$$1. \left(\hat{C}_t - \frac{h}{\hat{A}_t} \hat{C}_{t-1} \right)^\sigma N_t^\varphi = \frac{\hat{W}_t}{\hat{P}_t} \quad (6.23)$$

$$2. \beta R_t E_t \left\{ \left[\frac{\hat{A}_{t+1} \hat{C}_{t+1} - h \hat{C}_t}{\hat{C}_t - \frac{h}{\hat{A}_t} \hat{C}_{t-1}} \right]^{-\sigma} \frac{\hat{P}_t}{\hat{P}_{t+1}^* \hat{P}_{t+1}} \right\} = 1 \quad (6.24)$$

$$3. \hat{Y}_t = N_t \quad (6.25)$$

$$4. \quad \Psi_t = \frac{1}{\varepsilon_t \hat{P}_{F,t}} \quad (6.26)$$

$$5. \quad Q_t = \varepsilon_t \hat{P}_t \quad (6.27)$$

$$6. \quad S_t = \frac{\hat{P}_{F,t}}{\hat{P}_{H,t}} \quad (6.28)$$

$$7. \quad \hat{C}_t - \frac{h}{\hat{A}_t} \hat{C}_{t-1} = \vartheta \left(\hat{Y}_t^* - \frac{h}{\hat{A}_t} \hat{Y}_{t-1}^* \right) Q_t^{\frac{-1}{\sigma}} \quad (6.29)$$

$$8. \quad \hat{Y}_t = \Psi_t^\eta S_t^\eta \left[(1-\alpha) \hat{C}_t Q_t^\eta + \alpha^* \hat{Y}_t^* \right] + \hat{G}_t \quad (6.30)$$

$$9. \quad R_t = R_t^* \frac{\varepsilon_t}{E_t(\varepsilon_{t+1})} \quad (6.31)$$

$$10. \quad MC_t = \frac{\hat{W}_t}{\hat{P}_{H,t}} \quad (6.32)$$

$$11. \quad \hat{P}_t \equiv \left[(1-\alpha) \hat{P}_{H,t}^{1-\eta} + \alpha \hat{P}_{F,t}^{1-\eta} \right]^{\frac{1}{1-\eta}} \quad (6.33)$$

$$12. \quad \pi_{H,t} = p_{H,t} - p_{H,t-1} \quad (6.34)$$

$$13. \quad \pi_{F,t} = p_{F,t} - p_{F,t-1} \quad (6.35)$$

$$14. \quad \pi_{H,t} = \beta(1-\theta_H) E_t \pi_{H,t+1} + \theta_H \pi_{H,t-1} + \frac{(1-\theta_H)(1-\beta\theta_H)}{\theta_H} mc_t \quad (6.36)$$

$$15. \quad \pi_{F,t} = \beta(1-\theta_F) E_t \pi_{F,t+1} + \theta_F \pi_{F,t-1} + \frac{(1-\theta_F)(1-\beta\theta_F)}{\theta_F} \psi_t \quad (6.37)$$

$$16. \quad \pi_t = (1-\alpha) \pi_{H,t} + \alpha \pi_{F,t} \quad (6.38)$$

$$17. \quad r_t = \rho r_{t-1} + (1-\rho) (\Phi_\pi \pi_{H,t} + \Phi_y y_t) + e_- r \quad (6.39)$$

$$18. \quad \hat{A}_t = A_{ss} e^{\varepsilon_t^A} \quad (6.40)$$

$$19. \quad \hat{P}_t = P_{ss} e^{\varepsilon_t^P} \quad (6.41)$$

$$20. \quad g_t = \rho_g g_{t-1} + e_- g \quad (6.42)$$

$$21. \quad y_t^* = \rho_y^* y_{t-1}^* + e_- y^* \quad (6.43)$$

$$22. \quad r_t^* = \rho_r^* r_{t-1}^* + e_- r^* \quad (6.44)$$

pre všetky $t = 1, 2, \dots$

Touto transformáciou sa stáva model stacionárnym, a teda existuje jeho ustálený stav (t.j. stav, v ktorom ak ekonomika nie je vystavená žiadnym šokom, tak v ňom zotrúva). Ustálený stav (*steady state*) pri uvedenej transformácii predstavuje stav, v ktorom cenové indexy rastú konštantnou rýchlosťou P_{SS}^* , reálne veličiny Y_{SS} , Y_{SS}^* , C_{SS} a G_{SS} rastú rýchlosťou A_{SS} a nominálna mzda W_{SS} rastie rýchlosťou $A_{SS}P_{SS}^*$. Ostatné veličiny sú konštantné.

Využitím rovnosti $P_{H,SS} = P_{F,SS}$, ktorá platí v ustálenom stave medzi cenovými indexmi domácich a importovaných tovarov, dostávame nasledujúci vzťah:
 $\Psi_{SS} = Q_{SS} = S_{SS} = 1$

6.2 Log-linearizácia

Aby náš systém dobre popisoval ekonomiku ovplyvňovanú šokmi, urobíme ďalšiu transformáciu. Všetky rovnice log-linearizujeme okolo ustáleného stavu, čím získame systém lineárnych rovníc, v ktorých vystupujú namiesto pôvodných veličín ich

percentuálne odchýlky od ustáleného stavu: $y_t = \ln\left(\frac{\hat{Y}_t}{Y_{SS}}\right)$, $c_t = \ln\left(\frac{\hat{C}_t}{C_{SS}}\right)$,
 $mc_t = \ln\left(\frac{MC_t}{MC_{SS}}\right)$, $r_t = \ln\left(\frac{R_t}{R_{SS}}\right)$, $q_t = \ln\left(\frac{Q_t}{Q_{SS}}\right)$, $\psi_t = \ln\left(\frac{\Psi_t}{\Psi_{SS}}\right)$, $s_t = \ln\left(\frac{S_t}{S_{SS}}\right)$,
 $w_t = \ln\left(\frac{\hat{W}_t}{W_{SS}}\right)$, $n_t = \ln\left(\frac{N_t}{N_{SS}}\right)$, $e_t = \ln\left(\frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_{SS}}\right)$, $p_t = \ln\left(\frac{\hat{P}_t}{P_{SS}}\right)$, $p_{H,t} = \ln\left(\frac{\hat{P}_{H,t}}{P_{H,SS}}\right)$,
 $p_{F,t} = \ln\left(\frac{\hat{P}_{F,t}}{P_{F,SS}}\right)$, $p_t^* = \ln\left(\frac{\hat{P}_t^*}{P_{SS}^*}\right)$, $a_t = \ln\left(\frac{\hat{A}_t}{A_{SS}}\right)$, $g_t = \ln\left(\frac{\hat{G}_t}{G_{SS}}\right)$, $r_t^* = \ln\left(\frac{R_t^*}{R_{SS}^*}\right)$ a
 $y_t^* = \ln\left(\frac{\hat{Y}_t^*}{Y_{SS}^*}\right)$.

Zvyšné premenné π_t , $\pi_{H,t}$ a $\pi_{F,t}$ sú vyjadrené v log-linearizovanom tvare, preto nie je potrebná ich transformácia, a tak zostávajú nezmenené.

Finálny tvar stacionarizovaného modelu v log-linearizovanej forme je nasledovný:

$$1. \quad mc_t = \frac{\sigma A_{SS}}{A_{SS} - h} c_t - \frac{\sigma h}{A_{SS} - h} c_{t-1} + \frac{\sigma h}{A_{SS} - h} a_t + \varphi n_t + p_t - p_{H,t} \quad (6.45)$$

$$2. \quad \frac{A_{SS}}{A_{SS} - h} [A_{SS} E_t(c_{t+1}) - (h + A_{SS}) c_t + h c_{t-1} - h a_t + A_{SS} E_t(a_{t+1})] = \frac{1}{\sigma} E_t(r_t - \pi_{t+1} - p_{t+1}^*) \quad (6.46)$$

$$3. \quad y_t = n_t \quad (6.47)$$

$$4. \quad \psi_t = -e_t - p_{F,t} \quad (6.48)$$

$$5. \quad q_t = e_t + p_t \quad (6.49)$$

$$6. \quad s_t = p_{F,t} - p_{H,t} \quad (6.50)$$

$$7. \quad c_t - \frac{h}{A_{SS}} c_{t-1} = y_t^* - \frac{h}{A_{SS}} y_{t-1}^* - \frac{1}{\sigma} \left(1 - \frac{h}{A_{SS}}\right) q_t \quad (6.51)$$

$$8. \quad y_t = \alpha \eta \frac{C_{SS}}{Y_{SS}} \psi_t + \alpha \eta (2 - \alpha) \frac{C_{SS}}{Y_{SS}} s_t + \left(1 - \frac{C_{SS}}{Y_{SS}}\right) \eta (\psi_t + s_t) + \alpha y_t^* + (1 - \alpha) \frac{C_{SS}}{Y_{SS}} c_t + \frac{G_{SS}}{Y_{SS}} g_t \quad (6.52)$$

$$9. \quad r_t = r_t^* + e_t - E_t(e_{t+1}) - e_{-q} \quad (6.53)$$

$$10. \quad mc_t = w_t - p_{H,t} \quad (6.54)$$

$$11. \quad p_t = (1 - \alpha) p_{H,t} + \alpha p_{F,t} \quad (6.55)$$

$$12. \quad \pi_{H,t} = p_{H,t} - p_{H,t-1} \quad (6.56)$$

$$13. \quad \pi_{F,t} = p_{F,t} - p_{F,t-1} \quad (6.57)$$

$$14. \quad \pi_{H,t} = \beta(1 - \theta_H) E_t \pi_{H,t+1} + \theta_H \pi_{H,t-1} + \frac{(1 - \theta_H)(1 - \beta \theta_H)}{\theta_H} mc_t \quad (6.58)$$

$$15. \quad \pi_{F,t} = \beta(1 - \theta_F) E_t \pi_{F,t+1} + \theta_F \pi_{F,t-1} + \frac{(1 - \theta_F)(1 - \beta \theta_F)}{\theta_F} \psi_t \quad (6.59)$$

$$16. \quad \pi_t = (1 - \alpha) \pi_{H,t} + \alpha \pi_{F,t} \quad (6.60)$$

$$17. \quad r_t = \rho r_{t-1} + (1 - \rho) (\Phi_\pi \pi_{H,t} + \Phi_y y_t) + e_{-r} \quad (6.61)$$

$$18. \quad a_t = e_{-a} \quad (6.62)$$

$$19. \quad p_t^* = e_{-p^*} \quad (6.63)$$

$$20. \quad g_t = \rho_g g_{t-1} + e_{-g} \quad (6.64)$$

$$21. \quad y_t^* = \rho_y y_{t-1}^* + e_{-y^*} \quad (6.65)$$

$$22. \quad r_t^* = \rho_r r_{t-1}^* + e_{-r^*} \quad (6.66)$$

Systém 22 rovníc predstavuje ekvilibrium pre 21 premenných. Aby bol takýto systém riešiteľný, je potrebné, aby sa počet premenných rovnal počtu rovníc. Zlúčením Eulerovej rovnice II (6.46) a rovnice zdieľania rizika (6.51) dostávame nasledujúci vzťah:

$$A_{SS}c_t - hc_{t-1} = A_{SS}E_t(y_{t+1}^*) - hy_t^* - \frac{A_{SS} - h}{\sigma} E_t(q_{t+1}) - ha_t + A_{SS}E_t(a_{t+1}) - \left(r_t - E_t(\pi_{t+1}) - E_t(p_{t+1}^*) \right) \quad (6.67)$$

V tejto záverečnej forme modelu sú všetky veličiny vyjadrené ako odchýlky od rovnovážneho stavu. Okrem premenných vystupujú v rovniciach aj neznáme parametre. Zoznam všetkých premenných a parametrov uvádzame v tabuľkách 6.1 a 6.2. Do modelu sme zaviedli 7 stochastických šokov, ktoré sú uvedené v tabuľke 6.3:

Tabuľka 6.1: Zoznam premenných

Premenné			
y_t	Výstup domácej ekonomiky	r_t	Nominálna úroková sadzba
c_t	Celková spotreba	r_t^*	Nominálna úroková sadzba v zahraničnej ekonomike
mc_t	Hraničné náklady	p_t	Cenový rast v domácej ekonomike
q_t	Reálny výmenný kurz	$p_{H,t}$	Cenový rast domácich tovarov
ψ_t	LOOP medzera	$p_{F,t}$	Cenový rast importovaných tovarov
s_t	Výmenné relácie	p_t^*	Cenový rast v zahraničí
π_t	Celková inflácia	y_t^*	Výstup zahraničnej ekonomiky
$\pi_{H,t}$	Domáca inflácia	e_t	Nominálny výmenný kurz
$\pi_{F,t}$	Importovaná inflácia	a_t	Technologický rast
w_t	Nominálna mzda	g_t	Vládne výdavky
n_t	Odpracované hodiny		

Tabuľka 6.2: Zoznam parametrov

Parametre			
α	Miera otvorenosti krajiny	ρ_{y^*}	Autoregresný koeficient y^*
β	Diskontný faktor	ρ_{r^*}	Autoregresný koeficient r^*
φ	Inverzná elasticita ponuky práce	ρ_g	Autoregresný koeficient g
σ	Inverzná elasticita intertemporálnej substitúcie	Φ_π	Parameter v menovej politike určujúci váhu pre $\pi_{H,t}$
h	Parameter formovania návykov v spotrebe	Φ_y	Parameter v menovej politike určujúci váhu pre y_t
η	Elasticita substitúcie medzi domácimi a zahraničnými tovarmi	A_{ss}	Rovnovážna hodnota A_t
θ_H	Parameter stanovenia domácich cien	Y_{ss}	Rovnovážna hodnota Y_t
θ_F	Parameter stanovenia importovaných cien	C_{ss}	Rovnovážna hodnota C_t
ρ	Parameter zotrvačnosti domácich úrokových sadziieb	G_{ss}	Rovnovážna hodnota G_t

Tabuľka 6.3: Zoznam stochastických šokov

Šoky	
e_r	Menový šok
e_q	Šok reálneho výmenného kurzu
e_a	Technologický šok
e_{p^*}	Šok v zahraničnej inflácii
e_{y^*}	Šok v zahraničnom výstupe
e_{r^*}	Šok v zahraničnej nominálnej úrokovej sadzbe
e_g	Šok vo vládných výdavkoch

Podľa Blanchard-Kahnovej podmienky má systém jediné stabilné riešenie, ak nepredeterminovaných premenných je presne toľko ako nestabilných koreňov. Náš model obsahuje 8 dopredu hľadiacich premenných: q_{t+1} , π_{t+1} , $\pi_{H,t+1}$, $\pi_{F,t+1}$, e_{t+1} , a_{t+1} , y_{t+1}^* , p_{t+1}^* a matica linearizovaného systému má 8 vlastných čísel v absolútnej hodnote väčšie ako 1. To znamená, že Blanchard-Kahnovej podmienky sú splnené, a preto existuje jednoznačné riešenie nášho systému.

6.3 Odhad parametrov

Neznáme parametre v neokeynesiánskych DSGE modeloch sa najčastejšie určujú pomocou kalibrácie alebo použitím metódy bayesovských odhadov, ktoré kombinujú informácie z predbežných odhadov a z historických dát.

6.3.1 Kalibrácia

Na základe teórie alebo mikroekonomických štúdií vieme nakalibrovať najmä technologické a preferenčné parametre.

Diskontný faktor β je nakalibrovaný na hodnotu 0,99, čo značí pomerne vysokú trpezlivosť reprezentatívnych domácností. Stacionarizácia modelu si vyžiadala, aby inverzná elasticita intertemporálnej substitúcie σ bola rovná 1. Na základe tovarovej štruktúry dovozu sme určili mieru otvorenosti domácej ekonomiky α rovnú 0,4. Takto zvolený parameter α vyjadruje, že 40 % tovarov spotrebovaných na Slovensku pochádza z dovozu. Steady-state parametre sme nakalibrovali nasledovne: rovnovážna hodnota technologického rastu A_{ss} je rovná 1, rovnovážna hodnota vládnych výdavkov G_{ss} je 0,2, rovnovážna hodnota spotreby C_{ss} je nakalibrovaná na hodnotu 0,8 a rovnovážna hodnota výstupu domácej ekonomiky Y_{ss} je rovná 1.

Kalibrácia v podmienkach SR je však sťažená nedostatkom mikroekonomických štúdií, podľa ktorých by bolo možné určiť jednotlivé elasticity, preto sme ďalšie parametre prebrali zo štúdií zaoberajúcich sa porovnateľnými modelmi pre malé otvorené ekonomiky. Pomocou už vytvorených modelov (Vašíček a Musil 2005, Liu 2005) sme nakalibrovali parameter formovania zvykov v spotrebe h na hodnotu 0,89. Takáto hodnota je typická pre dopredu hľadiacie správanie. To znamená, že domácnosti sa snažia čo najviac vyhladzovať svoju spotrebu. Inverzná elasticita ponuky práce φ je nakalibrovaná na hodnotu 1,68. Hodnota φ je oveľa väčšia ako 1, čo znamená, že 1-percentné zvýšenie reálnej mzdy spôsobí len malú zmenu ponuky práce. Koeficientu zotrvačnosti domácej úrokovej sadzby ρ sme určili hodnotu 0,65. Znamená to, že 65 % z odchýlky úrokovej sadzby v čase t sa prenesie do odchýlky v nasledujúcom časovom období. Parameter Φ_{π} vyjadrujúci citlivosť centrálnej banky na odchýlky od inflácie je nakalibrovaný na hodnotu 1,27 a parameter Φ_y určujúci reakciu centrálnej banky na

fluktuácie v HDP je 0,47. Na základe predchádzajúcich troch koeficientov sa dá Taylorovo pravidlo prepísať do nasledovného tvaru:

$$r_t = 0,65 r_{t-1} + (1 - 0,65)(1,27\pi_{H,t} + 0,47y_t) + e_{-r}$$

Takto nastavené Taylorovo pravidlo určuje, že odchýlky v inflácii viac ovplyvňujú úrokovú sadzbu než odchýlky v HDP. Táto jednoduchá reakčná funkcia poskytuje pomerne dobrý opis menovej politiky na Slovensku v období stabilnej inflácie.

Zoznam nakalibrovaných parametrov a ich hodnoty sú uvedené v nasledujúcej tabuľke:

Tabuľka 6.4: Kalibrácia parametrov

Parameter	Odhad parametra
α	0,4
β	0,99
σ	1
ρ	0,65
h	0,89
Φ_π	1,27
Φ_y	0,47
φ	1,68
A_{ss}	1
Y_{ss}	1
C_{ss}	0,8
G_{ss}	0,2

6.3.2 Bayesovské odhady parametrov

Podľa bayesovského prístupu sú všetky dáta z praktického hľadiska chápané ako fixné hodnoty a parametre sú považované za náhodné premenné s príslušným rozdelením. O očakávaných hodnotách parametrov θ máme nejakú apriórnu predstavu, ktorá sa dá zhrnúť do apriórnej hustoty $p(\theta)$ (*prior density*). Pri pozorovaných dátach X je potom aposteriórna hustota parametrov $p(\theta|X)$ (*posterior density*) tvorená kombináciou

apriórnej hustoty parametrov a funkcie vierohodnosti pozorovaných dát $L(X|\theta)$ (*likelihood function*), čo sa dá vyjadriť v tvare

$$p(\theta|X) = \frac{L(X|\theta)p(\theta)}{\int L(X|\theta)p(\theta)d\theta} \propto L(X|\theta)p(\theta),$$

kde $\int L(X|\theta)p(\theta)d\theta$ je konštanta z hľadiska distribúcie θ .

Voľba apriórnej hustoty parametrov nie je jednoznačná, ale výrazne závisí od subjektívnych znalostí, pretože vychádza z nášho presvedčenia o možných hodnotách parametrov. Typ apriórneho rozdelenia parametrov sa zvyčajne volí tak, aby uľahčil odvodenie aposteriórnej hustoty. Často sa používajú konjugované apriórne rozdelenia, ktoré majú vlastnosť, že pre danú funkciu vierohodnosti dávajú aposteriórne rozdelenie patriace do rovnakej triedy rozdelení ako apriórne rozdelenie. Pri voľbe apriórnej hustoty parametrov, ktorá vyjadruje apriórnu informáciu obsiahnutú v dátach, je dôležitejšia stredná hodnota a disperzia ako samotný tvar rozdelenia.

Simulácie neznámych parametrov θ možno získať použitím metódy Monte Carlo. Ide pritom o veľké množstvo simulácií, ktoré predstavujú možné budúce realizácie systému. Výsledkom je pravdepodobnostné rozdelenie, na základe ktorého je potom možné získať odhady parametrov modelu.

Použitím metódy bayesovských odhadov odhadneme parametre η , θ_H , θ_F , ρ_{y^*} , ρ_{r^*} a ρ_g . Na analýzu malej otvorenej ekonomiky použijeme kvartálne údaje pre Slovensko z obdobia rokov 1996 až 2006. Dáta pre nasledujúce premenné sú prevzaté zo štatistík Národnej banky Slovenska:

- Y – hrubý domáci produkt v SR v stálych cenách, sezónne očistený
- Y^* – hrubý domáci produkt v eurozóne v stálych cenách, sezónne očistený
- C – spotreba domácností v stálych cenách, sezónne očistená
- N – odpracované hodiny v stálych cenách, sezónne očistené
- r – nominálna úroková sadzba v SR, odchýlka od rovnovážnej hodnoty
- r^* – nominálna úroková sadzba v eurozóne, odchýlka od rovnovážnej hodnoty

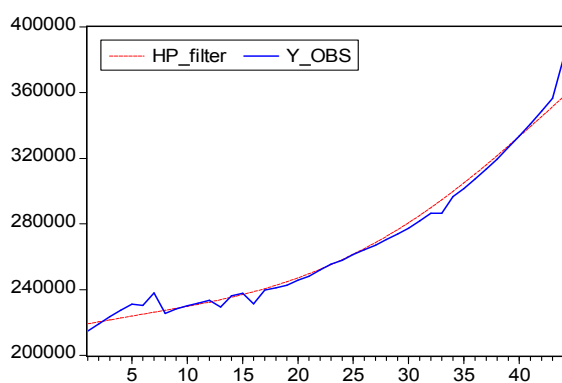
Skôr ako začneme simulovať neznáme parametre, je potrebné odstrániť z časových radov trendovú zložku. Na tento účel sa v DSGE modeloch spravidla používa Hodrick- Prescott filter (HP-filter). Jeho úlohou je zaviesť hladký, no nie nutne lineárny trend.

Simulácie neznámych parametrov potom budeme vykonávať na základe časových radov vyjadrených ako percentuálne odchýlky od trendu:

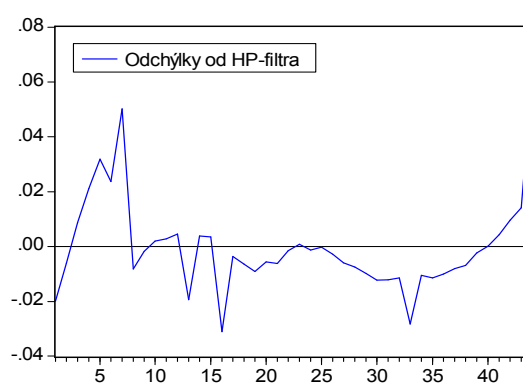
$$\ln X_t^{obs} - \ln(X_t^{obs})^{hp\ trend} = x_t,$$

kde X_t^{obs} je časový rad a $(X_t^{obs})^{hp\ trend}$ predstavuje trendovú zložku daného časového radu.

Pre názornosť uvedieme prácu HP-filtra v prípade hrubého domáceho produktu. Na obrázku 6.1 je HDP v stálych cenách a ním preložený trend prostredníctvom HP-filtra. Na obrázku 6.2 sú zobrazené percentuálne odchýlky HDP od trendu¹⁵.



Obr. 6.1: Hodrick-Prescott Filter



Obr. 6.2: Percentuálne výkyvy od trendu

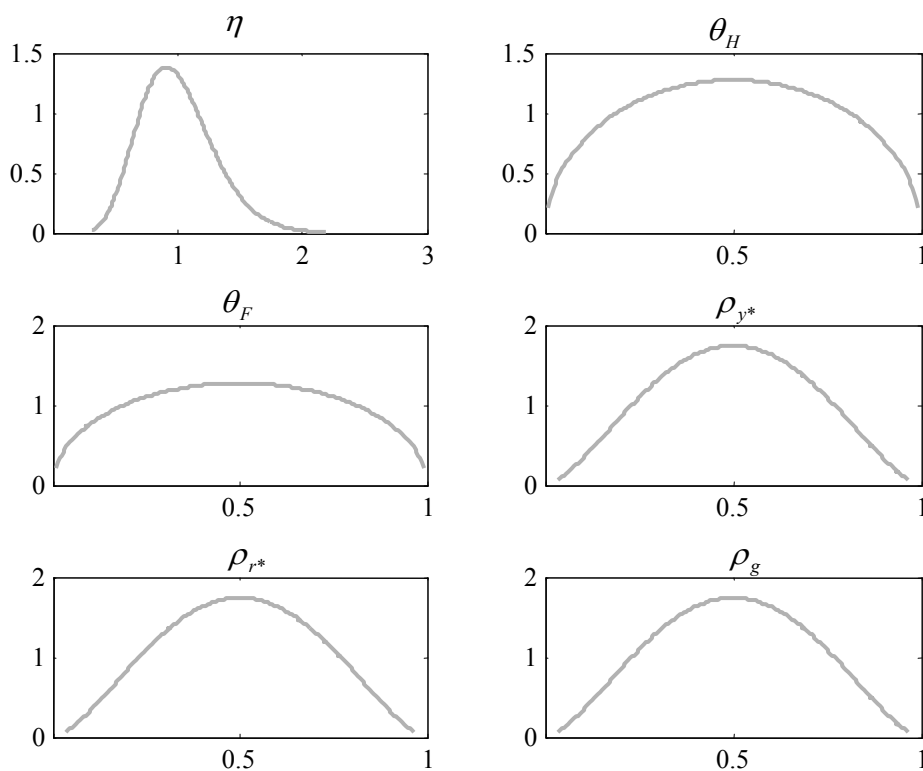
Po transformácii dát na časové rady vyjadrené ako percentuálne odchýlky od trendu môžeme začať odhadovať parametre použitím bayesovskej metódy. Voľba apriórnych rozdelení parametrov je odvodená na základe našich presvedčení zachytávajúcich informácie o parametroch. Do úvahy sme zobrali aj informácie o charakteristikách slovenskej ekonomiky, akými sú vzťahy medzi agentmi, miera otvorenosti, menová a fiškálna politika. Keďže na Slovensku sú štúdiá na mikroúrovni relatívne nedostatočné, využili sme poznatky z predchádzajúcich prác v tejto oblasti, najmä Liu (2005). Voľba apriórnych distribúcií odráža obmedzenia týkajúce sa parametrov, ako je nezápornosť alebo intervalové obmedzenie. Vzhľadom k tomu bola pre parametre ohraničené na jednotkovom intervale ($\theta_H, \theta_F, \rho_{y^*}, \rho_{r^*}, \rho_g$) stanovená beta distribúcia a parametru s kladnými hodnotami (η) sme určili distribúciu gamma.

¹⁵ Pri výpočte sme použili program Eviews

Uvedené počiatkové (prior) distribúcie parametrov sú zaznamenané v tabuľke 6.5 a zobrazené sú na obrázku 6.3.

Tabuľka 6.5: Počiatkové (prior) distribúcie parametrov

Parameter	Apriórne rozdelenie			
	Oblasť	Hustota	Stredná hodnota	Disperzia
η	R^+	gamma	1.00	0.30
θ_H	$[0,1]$	beta	0.50	0.25
θ_F	$[0,1]$	beta	0.50	0.25
ρ_{y^*}	$[0,1]$	beta	0.50	0.20
ρ_{r^*}	$[0,1]$	beta	0.50	0.20
ρ_g	$[0,1]$	beta	0.50	0.20



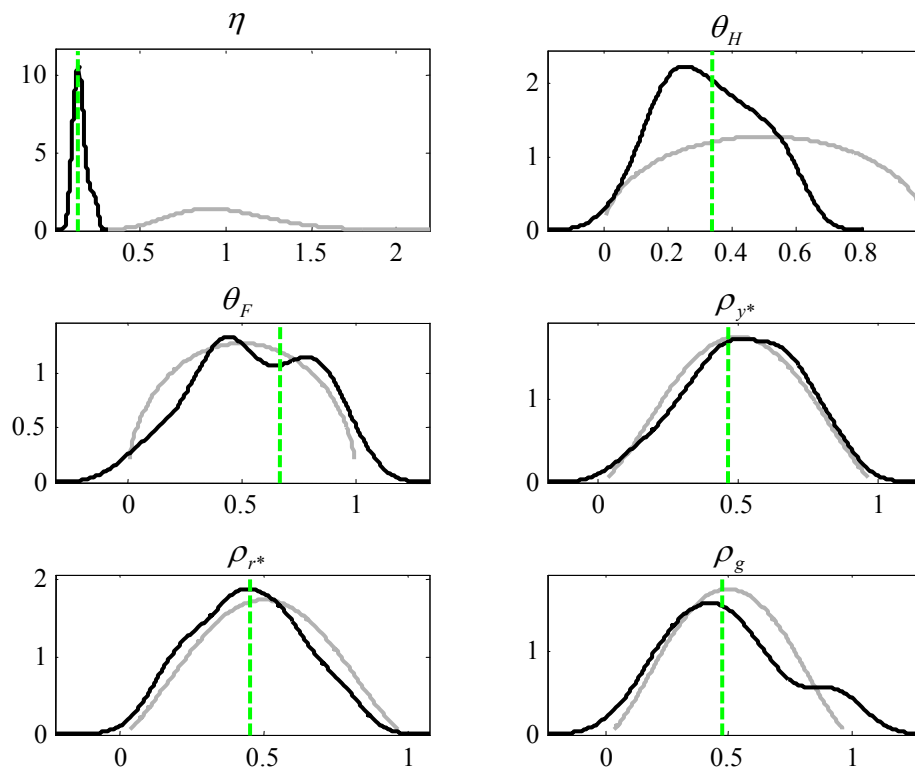
Obr. 6.3: Prior distribúcie parametrov

Pre každý z parametrov vypočítame aposteriornú strednú hodnotu a 95-percentný interval spoľahlivosti¹⁶. Výsledky sú zaznamenané v tabuľke 6.6 a na obrázku 6.4.

Tabuľka 6.6: Výsledné (posterior) distribúcie parametrov

Parameter	Apriórne rozdelenie	Aposteriórne rozdelenie	
	stredná hodnota	stredná hodnota	95% interval
η	1.00	0.15	[0.1, 0.19]
θ_H	0.50	0.37	[0.14, 0.61]
θ_F	0.50	0.56	[0.13, 0.88]
ρ_{y^*}	0.50	0.45	[0.19, 0.79]
ρ_{r^*}	0.50	0.40	[0.17, 0.69]
ρ_g	0.50	0.49	[0.12, 0.78]

Zdroj: vlastné výpočty



Obr. 6.4: Prior a posterior distribúcie parametrov

¹⁶ Pri výpočte sme použili DYNARE

Naše výsledky ukazujú, že aposteriórna stredná hodnota pre elasticitu substitúcie medzi domácimi a zahraničnými tovarmi η je okolo 0,15. Pomerene nízka hodnota η vyjadruje, že tovary spotrebované na Slovensku sú do značnej miery závislé na tovaroch vyrobených v zahraničí. Na strane ponuky stredná hodnota odhadu pravdepodobnosti nemeiacej sa ceny v danom štvrtroku alebo ekvivalentný podiel firiem, ktoré nemôžu optimalizovať svoje ceny v danom štvrtroku θ_H , sa pohybuje okolo 37 % pre domáce firmy a mierne vyšší je pre importujúcich predajcov, θ_F sa rovná približne 56 %. Tieto Calvove koeficienty naznačujú, že priemerná doba trvania stanovenej ceny je zhruba jeden a pol štvrtroka pre domáce firmy a dva štvrtroky pre importujúcich predajcov¹⁷. Tento stupeň nominálnej cenovej rigidity je oveľa nižší ako v eurozóne, ale je porovnateľný s odhadmi pre USA.

¹⁷ Dĺžka trvania = $\frac{1}{1 - \theta_i}$

7 Reakcia modelu na šoky

V tejto časti diplomovej práce predstavíme praktické využitie DSGE modelov pri rozhodovaní menovej politiky a jej ekonomických prognózach. Simulácie výkyvov v ekonomike tvoria najdôležitejšiu časť z teórie DSGE modelov. Zahrnutie očakávaní umožňuje skúmať správanie agentov v rôznych situáciách a pri rôznych exogénnych šokoch. Zameriame sa na šoky, s ktorými ekonomika každodenne zápasí a zhodnotíme ich dopad na ekonomiku. Pôsobenie jednotlivých šokov na vývoj endogénnych premenných modelu popíšeme na základe priebehu funkcií odozvy na šoky¹⁸. Zavedieme jeden počiatočný šok a vzápätí necháme ekonomiku reagovať bez akýchkoľvek ďalších exogénnych šokov.

Rozoberieme štyri šoky v ekonomike:

- menový šok
- šok v reálnom výmennom kurze
- šok v zahraničnej úrokovej sadzbe
- šok vo fiškálnej politike

Impulse-response funkciou popíšeme reakciu najdôležitejších makroekonomických ukazovateľov na jeden náhodný šok v ekonomike. Pri každom šoku zachytíme odozvy produkcie, spotreby, nominálnej úrokovej sadzby, reálneho výmenného kurzu, inflácie, hraničných nákladov a výmenných relácií. V našich analýzach nás bude zaujímať najmä veľkosť výkyvov, ktoré tieto šoky spôsobia (percentuálna zmena) a dĺžka konvergencie späť do rovnovážneho stavu.

¹⁸ Impulse Response Functions

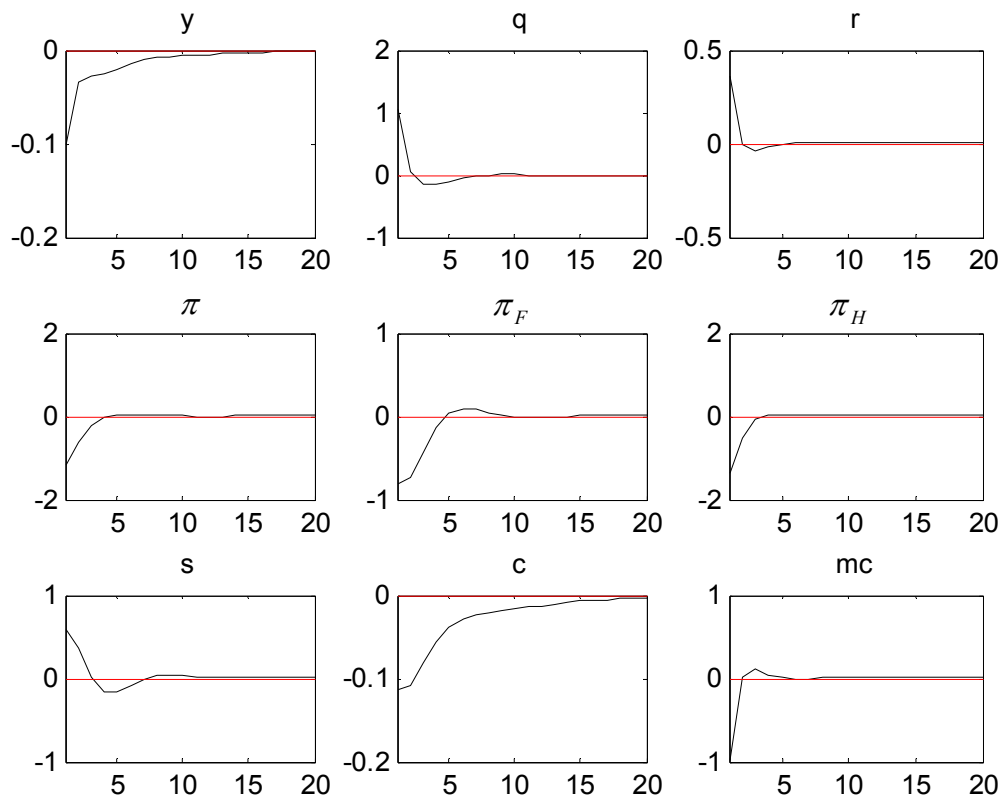
7.1 Menový šok

Obrázok 7.1 znázorňuje reakciu ekonomiky na vplyv reštriktívnej menovej politiky. Neočakávané zvýšenie nominálnej úrokovej sadzby o 1 % v nasledujúcom období spôsobí pokles spotreby aj výstupu. Proces prebieha cez dva kanály menovej transmisie, ktorými menová politika vplýva na ekonomiku.

- **Kanál výmenného kurzu** – Vyššia úroková miera cez rovnicu nekrytej úrokovej parity spôsobí zhodnotenie nominálneho výmenného kurzu a kvôli nepružným cenám dochádza k zhodnoteniu aj reálneho výmenného kurzu a to o 1 %. Posilnenie kurzu sa prejaví v cenách exportu, ktoré stúpnu, preto sa dopyt po exportovaných tovaroch zníži. Naopak ceny importov klesnú, čím vzrastie dopyt po importovaných tovaroch. Pokles exportu a nárast importu spôsobí zníženie čistého exportu. Zhodnotenie meny má vplyv na zlacnenie dovážaných tovarov, čoho následkom je zníženie importovanej inflácie o 0,8 %.
- **Kanál úrokových sadzieb** – Vyššia úroková miera má negatívny dopad na investície a spotrebu, nakoľko budúca spotreba sa stáva atraktívnejšia. Zníženie spotreby je však minimálne, pretože je zmiernené zvyklosťami domácností. Pokles investícií a spotreby spôsobí zníženie výstupu o 0,1 %. Pokles domácej produkcie súčasne vyvolá zníženie reálnych hraničných (marginálnych) nákladov. Tie cez Phillipsovú krivku vplývajú na zníženie domácej inflácie o 1,2 %. Keďže tieto zmeny sa udejú okamžite, menová autorita súčasne reaguje cez Taylorovo pravidlo a zníži úrokovú mieru. Počiatočné zvýšenie úrokovej miery o 1 % sa v dôsledku toho zníži na hodnotu 0,4 %.

Šok reštriktívnej menovej politiky sa krátkodobo odrazí na ekonomike negatívne, pretože sa zníži produkcia, investície i spotreba, pričom sa súčasne tlmí rast cenovej hladiny (inflácie). Po 16 časových obdobiach (4 roky) sa však produkcia vráti naspäť k svojej rovnovážnej hodnote. Spotreba, ktorá kvôli nízkym investíciám mierne klesla, sa udržiava na nižšej úrovni dlhšiu dobu a jej návrat do rovnovážneho stavu trvá až 20 štvrt'rokov (5 rokov).

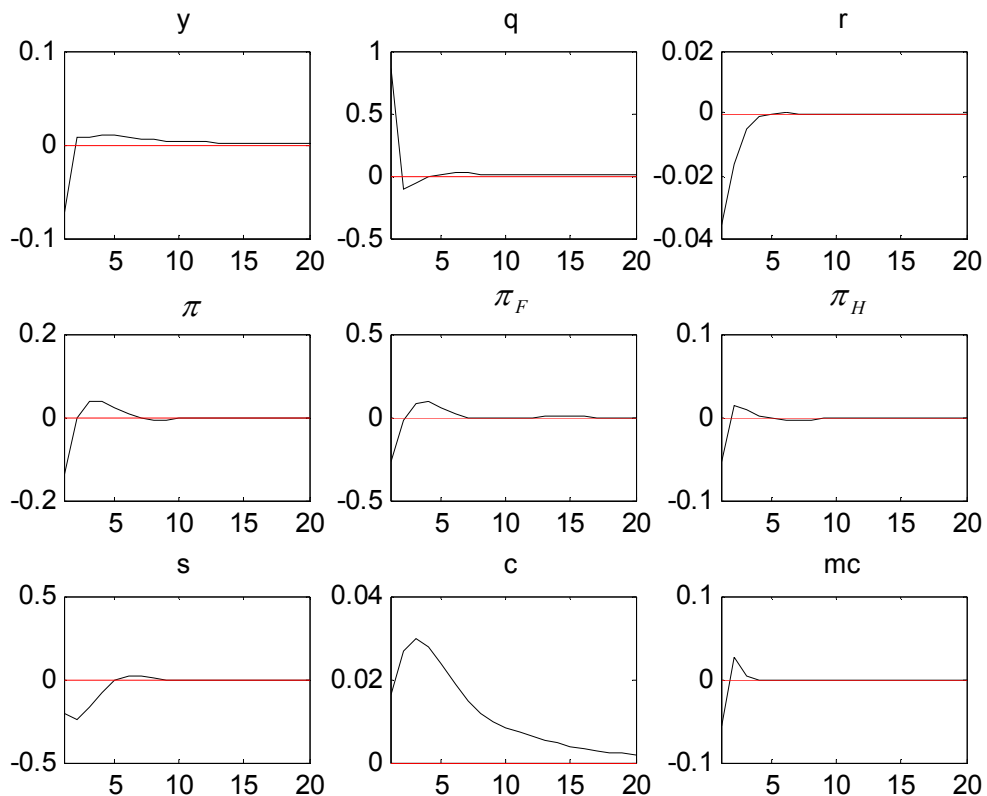
V skutočnosti je akýkoľvek zásah do úrokových sadzieb veľmi citlivou operáciou, ktorá môže v prípade nesprávneho načasovania dosť výrazne tlmiť hospodársky rast, výrobu a tvorbu pracovných miest. V prípade navrhovania sadzieb (reštrikcia) je želaným účinkom pokles spotreby, čo sa nám podarilo ukázať aj v našom modeli. Naopak je to v prípade znižovania sadzieb (expanzia), kedy zvýšená spotrebiteľská nálada naštartuje rýchlejšie tempo rastu cenovej hladiny.



Obr. 7.1: Funkcie odozvy na menový šok

7.2 Šok v reálnom výmennom kurze

Obrázok 7.2 ukazuje efekt posilnenia reálneho výmenného kurzu o 1 %. Apresiasi výmenného kurzu má vplyv na ceny exportu, ktoré stúpnu, čo spôsobí zníženie dopytu po exportovaných tovaroch. V dôsledku toho sa zníži domáca produkcia o 0,7 %, ktorá sa však po 14 časových obdobiach vráti naspäť k svojej rovnovážnej hodnote. Pokles produkcie sa prejaví v znížení domácej inflácie o 0,05 %. Na druhej strane, silnejší výmenný kurz spôsobí pokles cien importov, čím klesne importovaná inflácia o 0,25 %. Importovaná a domáca inflácia vplyvajú na pokles celkovej inflácie o 0,12 %, pričom jej návrat do rovnovážneho stavu trvá len 10 periód. Pokles domácej produkcie zároveň spôsobí zníženie reálnych hraničných nákladov o 0,05 %. Na zníženie produkcie a inflácie súčasne reaguje menová autorita, a aby udržala cenovú stabilitu, zníži úrokovú mieru o 0,03 %.

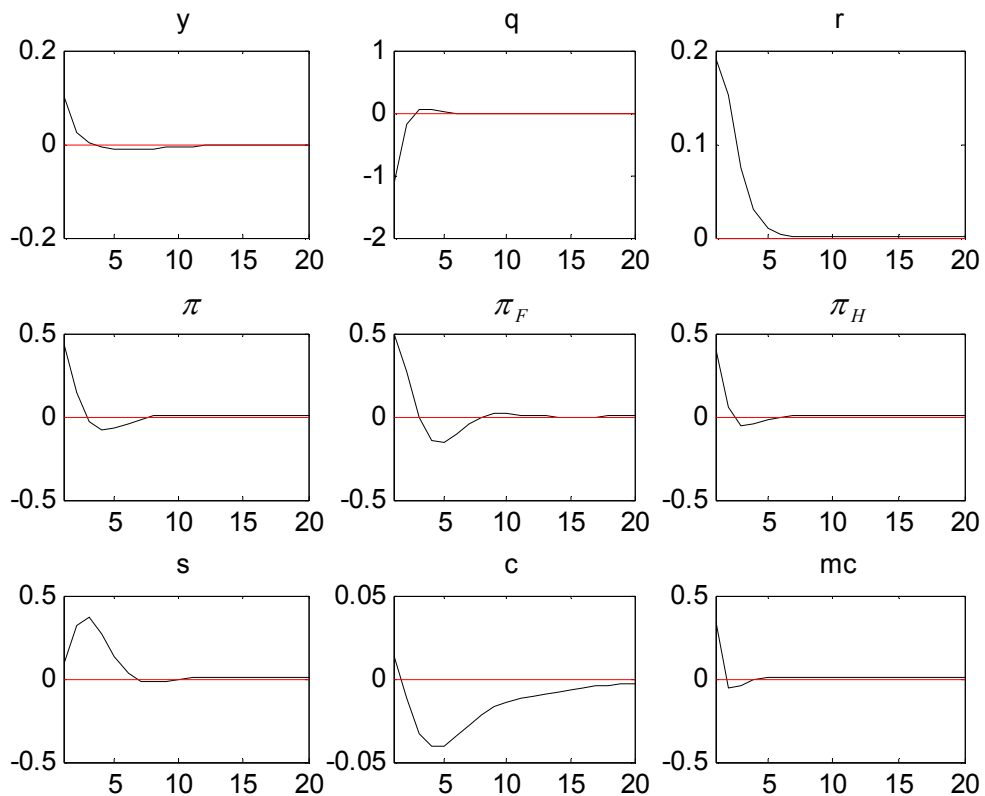


Obr. 7.2 : Funkcie odozvy na šok reálneho výmenného kurzu

7.3 Šok v zahraničnej úrokovej sadzbe

Skúmali sme tiež vplyv zvýšenia nominálnej úrokovej sadzby v zahraničnej ekonomike znázornený na obrázku 7.3. Zvýšenie úrokovej sadzby v zahraničí o 1 % spôsobí cez rovnicu nekrytej úrokovej parity oslabenie reálneho výmenného kurzu o 1 %. V dôsledku znehodnotenia meny narastú ceny importovaných tovarov, čo vyvolá zvýšenie importovanej inflácie o 0,5 %. Naopak ceny exportov poklesnú, čím sa zvýši dopyt po exportovaných tovaroch. Nárast exportu sa prejaví v domácej produkcii, ktorá sa zvýši o 0,1 %. Nárast produkcie vyvolá zvýšenie domácej inflácie o 0,4 % a keďže centrálna banka je nútená udržať cenovú stabilitu, musí cez Taylorovo pravidlo zvýšiť úrokovú mieru o 0,2 %.

Šok v zahraničnej úrokovej sadzbe má krátkodobo pozitívny dopad na ekonomiku, čo znamená, že krátkodobo narastie produkcia aj spotreba. Produkcia sa vráti naspäť k svojej rovnovážnej hodnote už po 12 časových obdobiach, kým spotrebe trvá návrat do rovnovážneho stavu až dvojnásobne dlhšiu dobu, čo je zapríčinené zvyklosťami domácností.

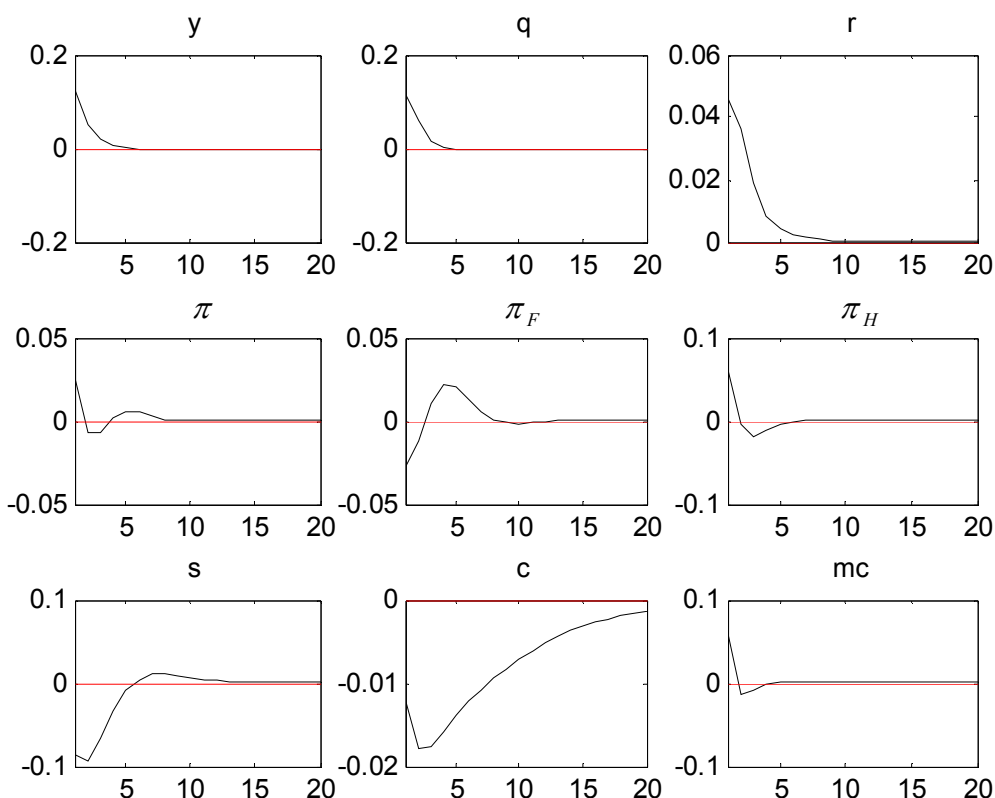


Obr.7.3 : Funkcie odozvy na šok v zahraničnej úrokovej sadzbe

7.4 Šok vo fiškálnej politike

Obrázok 7.4 znázorňuje reakciu ekonomiky na šok vo fiškálnej politike. Neočakávané zvýšenie vládnych výdavkov o 0,5 % v nasledujúcom období spôsobí nárast agregátneho dopytu a tým aj rast domácej produkcie o 0,1 %. Aby vláda disponovala s nulovým rozpočtovým deficitom, musí zvýšiť vládne výdavky prostredníctvom zvýšenia daní. V dôsledku zvýšenia daní budú mať domácnosti k dispozícii menej peňazí na míňanie, čo spôsobí pokles spotreby o 0,013 %. Vplyvom zvýšenia daní narastie domáca inflácia o 0,05 % a celková inflácia sa zvýši o 0,025 %.

Na priebehu impulse–response funkcií znovu pozorujeme už spomínaný efekt, pri ktorom sa produkcia vráti späť do svojej rovnovážnej hodnoty v pomerne krátkom čase, pričom spotrebe trvá tento návrat podstatne dlhšiu dobu kvôli zvyklostiam domácností.



Obr. 7.4: Funkcie odozvy na šok vo fiškálnej politike

7.5 Korelačná analýza

Ďalšie vyhodnotenie modelu spočíva v koreláciách príslušných premenných s agregovanou výrobou. Výsledky korelačných koeficientov medzi premennými modelovanej ekonomiky a produkciou sú zachytené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 7.1: Korelácie simulovaných premenných

Premenné	Agregovaná výroba y
y	1.0000
q	0.6963
r	-0.3620
π	-0.5496
π_F	-0.5785
π_H	-0.4651
s	-0.7662
c	0.9839
mc	-0.0992

Zdroj: Vlastné výpočty

Dôležitým ukazovateľom modelu pri popisovaní simulovaných dát je korelačný koeficient reálnych veličín. V našom prípade je to korelačný koeficient medzi produkciou a spotrebou. Naš model vykazuje koreláciu týchto veličín 0,98, pričom hodnota korelácie medzi produkciou a spotrebou pre reálne dáta vyšla 0,48. V jednoduchých modeloch je však bežné, že korelácia medzi produkciou a spotrebou je značne vysoká, a teda spotreba domácností má výrazný vplyv na agregovanú výrobu. V komplikovanejších modeloch sa vysoká korelácia odstraňuje dvomi druhmi spotrebiteľov, pričom jedni spotrebiteľia všetko minú a druhí míňajú aj sporia.

8 Záver

V uvedenej práci sme odvodili a analyzovali dynamický stochastický model malej otvorenej ekonomiky pre Slovensko založený na neokeynesiánskej teórii. Uviedli sme základné charakteristiky neokeynesiánskej ekonómie so zameraním na fluktuácie a ich dopady na trhovú ekonomiku. Základom neokeynesiánskej teórie je existencia nedokonale konkurenčných trhov a zahrnutie mzdových a cenových nepružností. Náš reprezentatívny model neokeynesiánskej ekonómie bol tvorený vzťahmi pre domácnosti, firmy, centrálnu banku, vládu a zahraničný sektor. V prvej časti sme zostavili príslušné rovnice modelu založené na mikrozákladoch, t.j. všetky rovnice boli získané optimalizáciou správania sa zúčastnených agentov v rámci daných ohraničení. Log-linearizáciou sme odvodili rovnice, ktoré nám ďalej slúžili ako základ pre modelovanie vývoja ekonomiky po zavedení šoku. Aby sme vedeli posúdiť vhodnosť modelu pre slovenské podmienky, značnú časť diplomovej práce sme venovali aj praktickým realizáciám. Na odhad parametrov sme použili kalibráciu a bayesovské odhady vychádzajúce zo štvrťročných dát pre Slovensko z obdobia rokov 1996 až 2006. Stabilita modelu a jeho konvergencia k ustálenému stavu sa po odznení šoku potvrdila.

Simulácie vývoja endogénnych premenných modelu sme robili na základe impulse-response funkcií. Modelovali sme vychýlenia vybraných veličín od ustáleného stavu spôsobené vplyvom šoku v menovej politike, reálnom výmennom kurze, fiškálnej politike a v zahraničnej ekonomike. Odhadnuté prognózy budúceho vývoja sledovaných veličín modelu boli porovnateľné s vývojom v reálnej ekonomike a korelačné koeficienty premenných veľmi dobre zodpovedali realite.

Testovaním sa ukázalo, že predstavený DSGE model je veľmi uspokojivou aproximáciou pre dynamický vývoj slovenskej ekonomiky a pomerne dobre simuluje reálne dáta. Aby sa však dal model použiť na detailnú kvantitatívnu analýzu slovenskej ekonomiky, bolo by potrebné ešte ho rozšíriť. Na jednej strane sa môže model rozšíriť o investície, čo by zlepšilo citlivosť modelu na rozhodnutia domácností o vlastnej spotrebe. Ďalšie možné rozšírenie modelu spočíva v zahrnutí kapitálových výdavkov a nepružností na kapitálovom trhu, ktoré by mohli lepšie zachytiť reakcie firiem.

Dodatok

Odvozenie optimalizačných podmienok

Optimalizačný problém pre reprezentatívne domácnosti je nasledovný: domácnosti maximalizujú svoju užitočnosť vzhľadom na svoje rozpočtové ohraničenie. Túto úlohu môžeme vyjadriť ako:

$$\max E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left\{ \frac{(C_t - H_t)^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{N_t^{1+\varphi}}{1+\varphi} \right\}$$

vzhľadom k

$$P_t C_t + \left(\frac{D_{t+1}}{R_t} \right) \leq D_t + W_t N_t$$

pre $t = 0, 1, 2, \dots$

Reprezentatívne domácnosti si volia množstvo C_t (spotreba), N_t (odpracované hodiny) a D_t (výplata z držaných dlhopisov). Lagrangeova funkcia, ktorá pozostáva z diskontovanej hodnoty funkcie užitočnosti a z diskontovanej hodnoty rozpočtového ohraničenia v čase $t = 0$, má tvar :

$$L = E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left\{ \frac{(C_t - H_t)^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{N_t^{1+\varphi}}{1+\varphi} \right\} + E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \lambda_t \beta^t \left\{ D_t + W_t N_t - P_t C_t - \frac{D_{t+1}}{R_t} \right\}$$

Pre čas t je možné prepísať rovnicu do tvaru:

$$L_t = \beta^t \left\{ \frac{(C_t - H_t)^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{N_t^{1+\varphi}}{1+\varphi} \right\} + \lambda_t \beta^t \left\{ D_t + W_t N_t - P_t C_t - \frac{D_{t+1}}{R_t} \right\}$$

Podmienky prvého rádu sú nasledovné:

- Pre C_t :

$$\frac{\partial L_t}{\partial C_t} = \beta^t (1-\sigma) \frac{(C_t - H_t)^{-\sigma}}{1-\sigma} - \lambda_t \beta^t P_t = 0$$

$$\beta^t [(C_t - H_t)^{-\sigma} - \lambda_t P_t] = 0$$

$$(C_t - H_t)^{-\sigma} - \lambda_t P_t = 0$$

Využitím rovnosti $H_t = hC_{t-1}$ pre externé formovanie návykov v spotrebe dostávame podmienku prvého rádu v tvare:

$$\lambda_t = \frac{(C_t - hC_{t-1})^{-\sigma}}{P_t}$$

- Pre N_t :

$$\frac{\partial L_t}{\partial N_t} = \beta^t (-1)(1 + \varphi) \frac{N_t^\varphi}{(1 + \varphi)} + \lambda_t \beta^t W_t = 0$$

$$- \beta^t N_t^\varphi + \lambda_t \beta^t W_t = 0$$

$$- N_t^\varphi + \lambda_t W_t = 0$$

$$N_t^\varphi = \lambda_t W_t$$

Rovnicu upravíme využitím vzťahu $\lambda_t = \frac{(C_t - hC_{t-1})^{-\sigma}}{P_t}$ z predchádzajúcej

podmienky prvého rádu:

$$N_t^\varphi = \frac{(C_t - hC_{t-1})^{-\sigma}}{P_t} W_t$$

Podmienka prvého rádu má tvar:

$$N_t^\varphi (C_t - hC_{t-1})^\sigma = \frac{W_t}{P_t}$$

- Pre D_t :

$$\frac{\partial L_t}{\partial D_t} = \lambda_t \beta^t = 0$$

$$\frac{\partial L_{t-1}}{\partial D_t} = \lambda_{t-1} \beta^{t-1} \left(-\frac{1}{R_{t-1}} \right) = 0$$

Zlúčením týchto dvoch rovníc dostávame:

$$\lambda_t \beta^t = \lambda_{t-1} \beta^{t-1} \frac{1}{R_{t-1}}$$

Dosadením vzťahu pre λ_t a λ_{t-1} máme:

$$\frac{(C_t - hC_{t-1})^{-\sigma}}{P_t} \beta^t = \frac{(C_{t-1} - hC_{t-2})^{-\sigma}}{P_{t-1}} \beta^{t-1} \frac{1}{R_{t-1}}$$

$$\frac{P_{t-1}}{P_t} \frac{(C_t - hC_{t-1})^{-\sigma}}{(C_{t-1} - hC_{t-2})^{-\sigma}} \frac{\beta^t}{\beta^{t-1}} R_{t-1} = 1$$

$$\beta R_{t-1} \left(\frac{C_t - hC_{t-1}}{C_{t-1} - hC_{t-2}} \right)^{-\sigma} \frac{P_{t-1}}{P_t} = 1$$

Ak posunieme časový index o jednu periódu dopredu, dostávame podmienku prvého rádu v tvare:

$$\beta R_t E_t \left\{ \left(\frac{C_{t+1} - hC_t}{C_t - hC_{t-1}} \right)^{-\sigma} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right\} = 1$$

Zoznam použitej literatúry

- [1] Blanchard, J. O.: *Aggregate and Individual Price Adjustment*, Brookings Papers on Economic Activity, No. 1., 1987, p. 57-122.
(<http://www.jstor.org/pss/2534514>)
- [2] Blanchard, J. O., Kiyotaki, N.: *Monopolistic Competition and the Effects of Aggregate Demand*, American Economic Review, No. 4, September 1987, p. 647 – 666.
(<http://www.jstor.org/pss/1814537>)
- [3] Boháčková, E.: *Metódy a algoritmy pre modely stochastickej volatility*, Diplomová práca, 2007, Univerzita Komenského v Bratislave, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky.
- [4] Christiano, L. J., Eichenbaum, M.: *Current Real-Business-Cycle Theories and Aggregate Labor-Market Fluctuations*, American Economic Review, No. 3, June 1992, p. 430-450.
(<http://www.jstor.org/pss/2117314>)
- [5] DeJong, D.: *Structural Macroeconomics*, Princeton University Press 2007.
- [6] Galí, J., Monacelli, T.: *Monetary Policy and Exchange Rate Volatility in a Small Open Economy*, NBER, Working Papers 8905, 2002.
- [7] Jacquier, E., Polson, N., Rossi, P.: *Bayesian Analysis of Stochastic Volatility Models*, Journal of Business & Economic Statistics, October 1994, vol. 12, no. 4, p. 371-417.
(<http://citeseer.ist.psu.edu/jacquier94bayesian.html>)
- [8] Košťálová, L.: *Protekciónizmus v českej hospodárskej politice*, Diplomová práca, 2006, Masarykova univerzita v Brně, Ekonomicko-správná fakulta.
- [9] Kydland, F., Prescott, E.: *Time to build and aggregate fluctuations*, Econometrica, No. 6, November 1982, p. 1345-1370.
(<http://www.jstor.org/pss/1913386>)

- [10] Liu, P.: *A Small New Keynesian Model of the New Zealand Economy*, Reserve Bank of New Zealand, Australian National, Workshop 2005.
- [11] Mankiw, N. G.: *Small Menu Costs and Large Business Cycles: A Macroeconomic Model of Monopoly*, Quarterly Journal of Economics, No. 2, May 1985, p. 529 – 537.
(<http://www.jstor.org/pss/1885395>)
- [12] Monacelli, T.: *Monetary Policy in a Low Pass - Through Environment*, European Central Bank, Working Paper No. 227, 2003.
- [13] Neset, P.: *Makroekonomické konsekvence nedokonale konkurenčních trhů – přístup nové keynesovské ekonomie*, Disertační práce, 2007, Masarykova univerzita v Brně, Ekonomicko-správní fakulta.
- [14] Romer, D.: *Advanced Macroeconomics*, McGraw-Hill, New York, 1996, ISBN 0-07-053667-8.
- [15] Vašíček, O., Musil, K.: *The Czech Economy with Inflation Targeting Represented by DSGE Model: Analysis of Behaviour*, Research Centre for Competitiveness of Czech Economy, Working Paper No. 7/2005, 2005.
- [16] Zeman, J., Senaj, M.: *Modelovanie vývoja slovenskej ekonomiky pomocou základného DSGE modelu*, Pracovná verzia, 2007.