ZAKLJUČNO POROČILO
O REZULTATIH OPRAVLJENEGA RAZISKOVALNEGA DELA NA PROJEKTU V OKVIRU CILJNEGA RAZISKOVALNEGA PROGRAMA (CRP) »KONKURENČNOST SLOVENIJE 2006 – 2013«

I. Predstavitev osnovnih podatkov raziskovalnega projekta

1. Naziv težišča v okviru CRP:

KONKURENČNO GOSPODARSTVO IN HITREJŠA RAST

2. Šifra projekta:

V5-0400

3. Naslov projekta:

Dinamični stohastični model splošnega ravnovesja za analizo ekonomske politike v EMU

3. Naslov projekta

3.1. Naslov projekta v slovenskem jeziku:

Dinamični stohastični model splošnega ravnovesja za analizo ekonomske politike v EMU

3.2. Naslov projekta v angleškem jeziku:

Dynamic stochastic general equilibrium model for the analysis of economic policy in EMU

4. Ključne besede projekta

4.1. Ključne besede projekta v slovenskem jeziku:

DSGE model, strukturni model, asimetrični šoki, denarna in fiskalna politika

4.2. Ključne besede projekta v angleškem jeziku:

DSGE model, structural model, asymmetric shocks, monetary and fiscal policy

5. Naziv nosilne raziskovalne organizacije:

510 Univerza v Ljubljani (0584 - članica Ekonomska fakulteta)

5.1. Seznam sodelujočih raziskovalnih organizacij (RO):

502 - Inštitut za ekonomska raziskovanja, Ljubljana

6. Sofinancer/sofinancerji:

ARRS, Ministrstvo za finance, Urad za makroekonomske analize in razvoj

7. Šifra ter ime in priimek vodje projekta:

20065	Igor Masten

Datum: 31.8.2010

Podpis vodje projekta:

Igor Masten

Podpis in žig izvajalca:

prof. dr. Radovan Stanislav Pejovnik
po pooblastilu
prof. dr. Dušan Mramor

UNIVERZA V LJUBLJANI
14

II. Vsebinska struktura zaključnega poročila o rezultatih raziskovalnega projekta v okviru CRP

1. Cilji projekta:

1.1. Ali so bili cilji projekta doseženi?

- [x] a) v celoti
- [ ] b) delno
- [ ] c) ne

Če b) in c), je potrebna utemeljitev.

1.2. Ali so se cilji projekta med raziskavo spremenili?

- [ ] a) da
- [x] b) ne

Če so se, je potrebna utemeljitev:

2. Vsebinsko poročilo o realizaciji predloženega programa dela[1]:

Glej priloženi dokument.

[1] Potrebno je napisati vsebinsko raziskovalno poročilo, kjer mora biti na kratko predstavljen program dela z raziskovalno hipotezo in metodološko-teoretičen opis raziskovanja pri njenem preverjanju ali zavračanju vključno s pridobljenimi rezultati projekta.

3. Izkoriščanje dobljenih rezultatov:

3.1. Kakšen je potencialni pomen[2] rezultatov vašega raziskovalnega projekta za:

- ☒ a) odkritje novih znanstvenih spoznanj;
- ☒ b) izpopolnitev oziroma razširitev metodološkega instrumentarija;
- ☒ c) razvoj svojega temeljnega raziskovanja;
- ☐ d) razvoj drugih temeljnih znanosti;
- ☐ e) razvoj novih tehnologij in drugih razvojnih raziskav.

3.2. Označite s katerimi družbeno-ekonomskimi cilji (po metodologiji OECD-ja) sovpadajo rezultati vašega raziskovalnega projekta:

☐ a) razvoj kmetijstva, gozdarstva in ribolova - Vključuje RR, ki je v osnovi namenjen razvoju in podpori teh dejavnosti;

☐ b) pospeševanje industrijskega razvoja - vključuje RR, ki v osnovi podpira razvoj industrije, vključno s proizvodnjo, gradbeništvom, prodajo na debelo in drobno, restavracijami in hoteli, bančništvom, zavarovalnicami in drugimi gospodarskimi dejavnostmi;

☐ c) proizvodnja in racionalna izraba energije - vključuje RR-dejavnosti, ki so v funkciji dobave, proizvodnje, hranjenja in distribucije vseh oblik energije. V to skupino je treba vključiti tudi RR vodnih virov in nuklearne energije;

☐ d) razvoj infrastrukture - Ta skupina vključuje dve podskupini:

- transport in telekomunikacije - Vključen je RR, ki je usmerjen v izboljšavo in povečanje varnosti prometnih sistemov, vključno z varnostjo v prometu;
- prostorsko planiranje mest in podeželja - Vključen je RR, ki se nanaša na skupno načrtovanje mest in podeželja, boljše pogoje bivanja in izboljšave v okolju;

☐ e) nadzor in skrb za okolje - Vključuje RR, ki je usmerjen v ohranjevanje fizičnega okolja. Zajema onesnaževanje zraka, voda, zemlje in spodnjih slojev, onesnaženje zaradi hrupa, odlaganja trdnih odpadkov in sevanja. Razdeljen je v dve skupini:

☐ f) zdravstveno varstvo (z izjemo onesnaževanja) - Vključuje RR - programe, ki so usmerjeni v varstvo in izboljšanje človekovega zdravja;

☒ g) družbeni razvoj in storitve - Vključuje RR, ki se nanaša na družbene in kulturne probleme;

☒ h) splošni napredek znanja - Ta skupina zajema RR, ki prispeva k splošnemu napredku znanja in ga ne moremo pripisati določenim ciljem;

☐ i) obramba - Vključuje RR, ki se v osnovi izvaja v vojaške namene, ne glede na njegovo vsebino, ali na možnost posredne civilne uporabe. Vključuje tudi varstvo (obrambo) pred naravnimi nesrečami.

---

[2] Označite lahko več odgovorov.

3.3. Kateri so **neposredni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

Makroekonomski model za analizo in podporo pri vodenju ekonomske politike v Sloveniji.
Prenos najnovejše metodologije ocenjevanja tovrstnih model na UL in na tej osnovi nadaljnje raziskovalno delo.

3.4. Kakšni so lahko **dolgoročni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

Novi znastveni dosežki na področju makroekonomske analize.
Razvoj novih orodij za podporo ekonomski politiki.

3.5. Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- ☒ a) v domačih znanstvenih krogih;
- ☒ b) v mednarodnih znanstvenih krogih;
- ☒ c) pri domačih uporabnikih;
- ☐ d) pri mednarodnih uporabnikih.

3.6. Kdo (poleg sofinancerjev) že izraža interes po vaših spoznanjih oziroma rezultatih?

3.7. Število diplomantov, magistrov in doktorjev, ki so zaključili študij z vključenostjo v raziskovalni projekt?

0

4. Sodelovanje z tujimi partnerji:

4.1. Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujimi raziskovalnimi inštitucijami.

-

4.2. Kakšni so rezultati tovrstnega sodelovanja?

-

5. Bibliografski rezultati[3] :

Za vodjo projekta in ostale raziskovalce v projektni skupini priložite bibliografske izpise za obdobje zadnjih treh let iz COBISS-a) oz. za medicinske vede iz Inštituta za biomedicinsko informatiko. Na bibliografskih izpisih označite tista dela, ki so nastala v okviru pričujočega projekta.

6. Druge reference[4] vodje projekta in ostalih raziskovalcev, ki izhajajo iz raziskovalnega projekta:

-

[3] Bibliografijo raziskovalcev si lahko natisnete sami iz spletne strani:http:/www.izum.si/

[4] Navedite tudi druge raziskovalne rezultate iz obdobja financiranja vašega projekta, ki niso zajeti v bibliografske izpise, zlasti pa tiste, ki se nanašajo na prenos znanja in tehnologije.
Navedite tudi podatke o vseh javnih in drugih predstavitvah projekta in njegovih rezultatov vključno s predstavitvami, ki so bile organizirane izključno za naročnika/naročnike projekta.

Dinamični stohastični model splošnega ravnovesja Slovenije

SLODSGE 1.0

Doc. dr. Igor Masten
Ekonomska fakulteta Univerze v Ljubljani

Končno poročilo projekta CRP V5-0400

Avgust 2010

Kazalo

Tabele

Slike

1 UVOD

V okviru projekta V5-0400 je bil zgrajen dinamični stohastični model splošnega ravnovesja za gospodarstvo Slovenije. Teoretični temelji in struktura modela tesno sledita modelu razvitem v članku Adolfson et al. (2007). Avtorji razvijejo model odprtega gospodarstva za Evro območje, ki sloni na modelih zaprtega gospodarstva iz člankov Christiano et al. (2005) ter Altig et al. (2003).

Model vsebuje številne nominalne in realne frikcije kot so lepljive cene in nominalne plače, spremenljivo zasedenost proizvodnih kapacitet, stroške prilagajanje kapitala optimalnemu obsegu in persistentnost navad v potrošnji. Lepljivost cen velja tudi za prilagajanje domačih cen uvoženih dobrin nihanju nominalnega deviznega tečaja. Pomembna lastnost modela iz Adolfson et al. (2007), ki je ohranjena tudi v pričujočem modelu, je tudi prisotnost stohastičnega tehnološkega trenda. Na ta način je model bolje sposoben pojasniti persistentnost oz. nestacionarnost v podatkih. Obenem je mogoče tak model ocenjevati s pomočjo šurovih"podatkov, tj. brez predhodnega odstranjevanja trenda iz modela. Predpostavka majhnega odprtega gospodarstva pomeni, da se gospodarski blok preostalega sveta, ki ga v konkretnem primeru predpostavlja Evro območje, modelira kot eksogen.

V okviru projekta sem omenjene modele nadgradil z značilnostmi delovanja majhnega odprtega gospodarstva v polni denarni uniji (nepreklicno fiksen devizni tečaj), ko država nima več na voljo instrumentov denarne politike in se lahko za stabilizacijo gospodarstva poslužuje le fiskalne politike. V ta namen sem endogeniziral fiskalni del gospodarstva in ga dopolnili z fiskalnim pravilom.

Ustaljeno stanje modela je kalibrirano glede na osnovne značilnosti slovenskega gospodarstva. Za vrednosti ostalih parametrov, ki določajo dinamiko poslovnega cikla, je bila uporabljena kombinacija kalibracije in ocenjevanja z Bayesiansko metodo, pri čemer je potrebno poudariti, da je bilo formalno ocenjevanje izvedeno zgolj v preliminarni fazi, saj to ni bil predmet projekta. Za parametre, katerih vrednosti ni bilo mogoče identificirati, so bile privzete vrednosti, ki jih za gospodarstvo Evro območja poročajo Adolfson et al. (2007).

Reševanje in simulacija modela je opravljena v programskem modulu Dynare.

Struktura preostalega poročila je naslednja. Na drugem poglavju je predstavljena teoretična struktura modela. V tretjem poglavju je predstavlje postopek kalibracije osnovnih parametrov modela, preslikava med modelskimi spremenljivkami in spremenljivkami, ki jih imamo na voljo, ter metoda reševanja in simulacije modela. V četrtem poglavju so prikazane rešitve modela in njegove lastnosti pri pojasnjevanju makroekonomske dinamike slovenskega gospodarstva.

2 Dinamični stohastični model majhnega odprtega gospodarstva

V tem poglavju je predstavljena teoretična struktura modela. Najprej je predstavljen ponudbena stran podjetja, ki se sestoji iz domačega proizvodnega sektorja, podjetij, ki uvažajo tuje dobrine in domačih podjetij, ki izvažajo na tuje trge. Vsa ta podjetja so podvžena nominalnim rigidnostim. Zato želimo zanje opredeliti njihov kriterij poslovanja in izpeljati funkcijo optimalnega določanja cen oziroma t.i. Phillipsovo krivuljo. Nadaljujemo z izpeljavo strani povpraševanja v modelu, v katerem opredelimo optimalno potrošni problem gospodinjstev. Ker predpostavljamo, da so gospodinjstva monopolistični konkurenti pri ponudbi svojega dela, v tem delu tudi opredelimo tudi dinamiko določanja plač, ki je tudi podvržena nominalnim rigidnostim. Sledi opredelitev države kot nosilca ekonomske politike. Pri tem je denarna politika zaradi predpostavke denarne unije puščena kot pasivna in v službi aktivne stabilizacijske vloge definiramo fiskalno pravilo kot reakcijsko funkcijo fiskalne politike.

2.1 Domača podjetja

Skladno z literaturo imamo v modelu tri vrste domačih proizvidnih podjetij, ki skrbija, da iz inputov heterogenega dela in kapitala na trg pridejo končne potrošne dobrine. Prvi tip podjetij najema heterogeno delo od gospodinjstev in jo pretvarja v homogeni input dela H. Drugi tip podjetij najema H in skupaj s kapitalom vmesne dobrine Y_i in jih prodaja proizvajalcu koncne dobrine. Teh podjetij je neskončno mnogo (vendar s končno maso), vsako od njih pa je monopolistični konkurent na trgu dobrin, ki jih proizvaja, in popolni konkurent na faktorskih trgih. Zadnji, tretji, tip podjetij pretvarja vmesne dobrine Y_i v homogeno končno dobrino Y, ki vstopa v potrošnjo in investicije gospodinjstev.

Produkcijska funkcija končne dobrine je klasičen Dixit-Stiglitzov agregator

$$Y_t = \left[\int_0^1 Y_{i,t}^{\frac{1}{\lambda_t^d}} di \right]^{\lambda_t^d}, \quad \lambda_t^d \geq 1, \tag{1}$$

pri čemer $\lambda_{d,t}$ določa stohastično nihanje pribitka na cene oz. tržno moč na domačem trgu. Zanj predpostavimo, da sledi procesu

$$\lambda_t^d = \left(1 - \rho_{\lambda^d}\right) \lambda_{t-1}^d + \rho_{\lambda^d} \lambda_{t-1}^d + \varepsilon_{\lambda^d,t}. \tag{2}$$

Proizvajalci končne dobrine so popolni konkurenti, zato jemljejo svoje nabavne cene $P_{i,t}$ in svojo končno ceno P_t kot dane. Maksimizacija profita pripelje do njihovih funkcij povpraševanja po vmesnih dobrinah, ki so danes z

$$Y_{i,t} = \left(\frac{P_{i,t}}{P_t}\right)^{-\frac{\lambda_t^d}{\lambda_t^d - 1}} Y_t \tag{3}$$

Z integriranje (3) in upoštevanjem, da je P_t cena ene enote končne dobrine Y_t dobimo naslednji izraz za agregatni indeks cen domačih dobrin

$$P_t = \left[\int_0^1 P_{i,t}^{\frac{1}{1-\lambda_t^d}} di\right]^{1-\lambda_t^d}. \tag{4}$$

Masa proizvajalcev vmesnih dobrin je končna, kar pomeni, da vstopa na trg in izstopa iz njega v modelu ni. Adolfson et al. (2007) glede funkcijske oblike produkcijske funkcije proizvajalcev vmesnih dobrin predpostavijo

$$Y_{i,t} = z_t^{1-\alpha} \epsilon_t K_{i,t}^{\alpha} H_{i,t}^{1-\alpha} - z_t \phi. \tag{5}$$

$H_{i,t}$ označuje homogeno delo, ki ga najema podjetje i. $K_{i,t}$ je obseg storitev kapital v podjetju i, ki se lahko razlikuje od fizičnega obsega kapitala, saj je v modelu dopuščeno nihanje v stopnji izkoriščenosti proizvodnih kapacitet. z_t permanenten produktivnostni šok, ϵ_t pa stacionaren oz. tranzitoren produktivnostni šok. Člen $z_t \phi$ predstavlja fiksne stroške, pri čemer je parameter ϕ v nadaljevanju kalibriran tako, da v ravnovesju ni (presežnega) dobička.

Proces permanentnega produktivnostnega šoka določimo z

$$\frac{z_t}{z_{t-1}} = \mu_{z,t} \tag{6}$$

in

$$\mu_{z,t} = \left(1 - \rho_{\mu_z}\right) \mu_z + \rho_{\mu_z} \mu_{z,t-1} + \varepsilon_{z,t}. \tag{7}$$

Za tranzitorni produktivnostni šok privzamemo $E\left(\epsilon_t\right) = 1$, za $\hat{\epsilon}_t = \left(\epsilon - 1\right)/1$ pa, da sledi

AR(1) procesu:

$$\hat{\epsilon}_t = \rho_\epsilon \hat{\epsilon}_{t-1} + \varepsilon_{\hat{\epsilon},t}.$$

Povpraševanje po proizvodnih tvorcih producentov vmesnih dobrin izpeljemo iz problema minimizacije stroškov podjetja:

$$\min_{H_{i,t} K_{i,t}} W_t R_t^f H_{i,t} + R_t^k K_{i,t} + \lambda_t P_{i,t} \left[Y_{i,t} - z_t^{1-\alpha} \epsilon_t K_{i,t}^{\alpha} H_{i,t}^{1-\alpha} + z_t \phi \right], \tag{8}$$

kjer R_t^k je bruto nominalna cena najema kapitala, W_t pa agregatna cena za enoto homogenega dela $H_{i,t}$. Predpostavimo tudi, da en del stroškov plač, ν_t, financira v naprej, pri tem pa (na enoto plače) plača strošek R_t^f, ki je glede na opisano:

$$R_t^f = \nu_t R_t + (1 - \nu_t). \tag{9}$$

Kot rezultat optimizacije dobimo pogoj prvega reda glede na $H_{i,t}$

$$W_t R_t^f = (1 - \alpha) \lambda_t P_{i,t} z_t^{1-\alpha} \epsilon_t K_{i,t}^{\alpha} H_{i,t}^{-\alpha}, \tag{10}$$

in glede na $K_{i,t}$

$$R_t^k = \alpha \lambda_t P_{i,t} z_t^{1-\alpha} \epsilon_t K_{i,t}^{\alpha-1} H_{i,t}^{1-\alpha}. \tag{11}$$

Prisotnost permanentnih produktivnostnih šokov vnaša nestacionarnost v celoten model. Zato moramo pogoje prvega reda, ki določajo dinamiko modela, pretvoriti tako, da vsebujejo zgolj stacionarne spremenljivke (Altig et al, 2003; Masten, 2008). Glede na v osnovi enosektorsko strukturo modela (prisotnost enega permanentnega šoka) to pomeni deljenje nestacionarnih spremenljivk z z_t :

$$r_t^k \equiv \frac{R_t^k}{z_t}, \ w_t \equiv \frac{W_t}{P_t z_t}, \ k_{t+1} \equiv \frac{K_{t+1}}{z_t}, \bar{k}_{t+1} \equiv \frac{\overline{K}_{t+1}}{z_t}$$

Obseg kapitala $\overline{K}_{t+1}$ je predeterminirana spremenljivka in določena v obodbju t, zato jo delimo z z_t. Uporaba storitev kapitala K_{t+1} pa je določena v $t+1$, vendar jo zaradi primerljivosti vseeno delimo z z_t. Ob uporabi pogojev prvega reda (11) in (10) lahko s tem lahko sedaj zapišemo rešitev za donos na kapital v enotah stacionarnih spremenljivk:

$$r_t^k = \frac{\alpha}{1-\alpha} w_t \mu_{z,t} R_t^f \frac{H_t}{k_t}. \tag{12}$$

S pomočjo istih pogojev prvega reda in ovrednotnjem funkcije stroškov podjetja v optimumu je mogoče izpeljati funkcijo realnih mejnih stroškov:

$$mc_t = \left(\frac{1}{1-\alpha}\right)^{1-\alpha}\left(\frac{1}{\alpha}\right)^{\alpha}\left(r_t^k\right)^{\alpha}\left(w_t R_t^f\right)^{1-\alpha}\frac{1}{\epsilon_t}. \tag{13}$$

2.1.1 Določanje cen

Podjetja določajo svoje cene tako, da maksimizirajo svoj dobiček. Glede na to, da so monopolistični konkurenti, se pri tem soočajo z omejitvijo povpraševanja po svojih proizvodih (3). Istočasno so podvržena rigidnosti cen, katero modelirano tako kot predlaga Calvo (1983). Ta predvideva, da lahko podjetja prilagajajo cene le periodično, in sicer lahko reoptimizirajo svoje cene v vsakem obdobju z verjetnostjo $(1-\xi_d)$. Postavljeno optimalno ceno v tem primeru iznačimo z $P_{opt,t}$. Glede na to, da so vsa podjetja ex ante enaka, vsa z možnostjo postavitve novih optimalnih cen, izberejo enako raven cen. Podjetja, ki ne morejo repotimizirati cen (to se zgodi z verjetnostjo ξ_d) pa svoje cene indeksirajo skladno z naslednjim pravilom (Smets in Wouters, 2003):

$$P_{t+1} = (\pi_t)^{\kappa_d}\left(\bar{\pi}_{t+1}^c\right)^{1-\kappa_d} P_t,$$

v katerem je $\pi_t = P_t/P_{t-1}$ (bruto) stopnja inflacije, $\bar{\pi}_{t+1}^c$ pa tekoča ciljna inflacija. κ_d je indeksacijski parameter. Optimizacijski problem podjetja lahko sedaj zapišemo kot:

$$\max_{P_{opt,t}} E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta\xi_d)^s d_{t+s} \left[\begin{array}{c} (\pi_t\pi_{t+1}...\pi_{t+s-1})^{\kappa_d}\left(\bar{\pi}_{t+1}^c\bar{\pi}_{t+2}^c...\bar{\pi}_{t+s}^c\right)^{1-\kappa_d} P_{opt,t} Y_{i,t+s} \\ -MC_{i,t+s}\left(Y_{i,t+s} + z_{t+s}\phi\right) \end{array}\right]. \tag{14}$$

Podjetja prevorijo tok dobička v enote koristnosti prek člena $(\beta\xi_d)^s d_{t+s}$, pri čemer d_t predstavlja mejno koristnost gospodinjstev v obdobju t in jo podjetja jemljejo kot eksogeno dano. $MC_{i,t}$ so nominalni stroški podjetja. Omejitev optimizacije podjetja predstavlja povpraševanje po njenih proizvodih (3), ki jo lahko substituiramo v kriterijsko funkcijo in dobimo naslednji pogoj prvega reda:

$$E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta\xi_d)^s d_{t+s} \left[\begin{array}{c} \left(\frac{\left(\frac{P_{t+s-1}}{P_{t-1}}\right)^{\kappa_d}\left(\bar{\pi}_{t+1}^c\bar{\pi}_{t+2}^c...\bar{\pi}_{t+s}^c\right)^{1-\kappa_d}}{\frac{P_{t+s}}{P_t}}\right)^{-\frac{\lambda_{t+s}^d}{\lambda_{t+s}^d-1}} Y_{t+s}P_{t+s}\times \\ \left(\frac{\left(\frac{P_{t+s-1}}{P_{t-1}}\right)^{\kappa_d}\left(\bar{\pi}_{t+1}^c\bar{\pi}_{t+2}^c...\bar{\pi}_{t+s}^c\right)^{1-\kappa_d}}{\frac{P_{t+s}}{P_t}}\right)\frac{P_{opt,t}}{P_t} - \frac{\lambda_t^d MC_{i,t+s}}{P_{t+s}} \end{array}\right] = 0. \tag{15}$$

Vsa podjetja, ki dobijo možnost reoptimizirati svoje cene, bodo izbrala isto raven cen, $P_{opt,t}$. V celotni masi podjetij je delež teh podjetij enak verjetnosti nastopa reoptimizacije, tj. 1− ξ_d. Po analogiji je delež podjetij, ki svojih cen ne reoptimizirajo, temveč indeksirajo, ξ_d. Na podlagi tega lahko agregatni indeks cen (4) zapišemo kot

$$P_t = \left[\int_0^{\xi_d} \left(P_{t-1} \left(\pi_{t-1}\right)^{\xi_d} \left(\bar{\pi}_t^c\right)^{1-\xi_d} \right)^{\frac{1}{1-\lambda_t^d}} di + \int_{\xi_d}^1 \left(P_{opt,t}\right)^{\frac{1}{1-\lambda_{d,t}}} di \right]^{1-\lambda_t^d} \tag{16}$$

Z loglinearizacijo in kombinacijo relaci (15) in (16) dobimo Phillipsovo krivuljo za producente domačih dobrin:

$$\begin{aligned} \hat{\pi}_t - \widehat{\bar{\pi}}_t^c &= \frac{\beta}{1+\beta\kappa_d} \left(E_t \hat{\pi}_{t+1} - \rho_\pi \widehat{\bar{\pi}}_t^c \right) + \frac{\kappa_d}{1+\beta\kappa_d} \left(\hat{\pi}_{t-1} - \widehat{\bar{\pi}}_t^c \right) \\ &\quad - \frac{\kappa_d \beta \left(1-\rho_\pi\right)}{1+\beta\kappa_d} \widehat{\bar{\pi}}_t^c + \frac{\left(1-\xi_d\right)\left(1-\beta\xi_d\right)}{\xi_d\left(1+\beta\kappa_d\right)} \left(\widehat{mc}_t + \hat{\lambda}_t^d \right) \end{aligned} \tag{17}$$

Pri tem za vse spremenljivke, ki so označene s strešico velja, da so definirane kot relativni odkloni od pripadajočega ustaljenega stanja oz. generično $\hat{x}_t = d\ln x_t = dx_t/\bar{x}$.

2.2 Uvozna podjetja

V uvoznem sektorju imamo dve vrsti podjetij. Obe kupujeta homogene dobrine na svetovnem trgu po ceni P_t^*, prva jih pretvarja v diferencirane potrošnje dobrine, $C_{i,t}^m$, druga pa v diferencirane investicijske dobrine, $I_{i,t}^m$. V vsaki skupini je podjetij mnogo. Podobno kot v primeru podjetij, ki proizvajajo domače dobrine, so tudi uvozna podjetja soočena z rigidnostjo cen Clavovega tipa in se soočajo s pripadajočimi verjetnostmi reoptimizacije $\left(1-\xi_{m,c}\right)$ in $\left(1-\xi_{m,i}\right)$. Podjetja, ki ne reoptimizirajo ravno tako sledijo analogni indeksacijskih shemi. Tako lahko zapišemo optmizacijski problem za uvoznike potrošnih dobrin kot:

$$\max_{P_{opt,t}^{m,c}} E_t \sum_{s=0}^{\infty} \left(\beta\xi_{m,c}\right)^s d_{t+s} \left[\begin{array}{c} \left(\pi_t^{m,c}\pi_{t+1}^{m,c}...\pi_{t+s-1}^{m,c}\right)^{\kappa_{m,c}} \left(\bar{\pi}_{t+1}^c\bar{\pi}_{t+2}^c...\bar{\pi}_{t+s}^c\right)^{1-\kappa_{m,c}} P_{opt,t}^{m,c} C_{i,t+s}^m \\ -P_{t+s}^* \left(C_{i,t+s}^m + z_{t+s}\phi^{m,c} \right) \end{array} \right], \tag{18}$$

za uvoznike investicijskih dobrin pa kot:

$$\max_{P_{opt,t}^{i,c}} E_t \sum_{s=0}^{\infty} \left(\beta\xi_{m,i}\right)^s d_{t+s} \left[\begin{array}{c} \left(\pi_t^{m,i}\pi_{t+1}^{m,i}...\pi_{t+s-1}^{m,i}\right)^{\kappa_{m,i}} \left(\bar{\pi}_{t+1}^c\bar{\pi}_{t+2}^c...\bar{\pi}_{t+s}^c\right)^{1-\kappa_{m,i}} P_{opt,t}^{m,i} I_{i,t+s}^m \\ -P_{t+s}^* \left(I_{i,t+s}^m + z_{t+s}\phi^{m,i} \right) \end{array} \right]. \tag{19}$$

Uvožene potrošne dobrine so del končne zasebne potrošnje, zato moramo definirati njihovo agregatno količino. Predpostavimo, da je ta podana s funkcijo s konstantnimi elastičnosti substitucije (CES):

$$C_t^m = \left[\int_0^1 \left(C_{i,t}^m\right)^{\frac{1}{\lambda_t^{m,c}}} di\right]^{\lambda_t^{m,c}}, \ \lambda_t^{m,c} \geq 1. \tag{20}$$

Možno je pokazati, da minimizacija stroškov uvoznikov potrošnih dobrin vodi do naslednje oblike funkcije povpraševanja po posamezni različi uvožene dobrine:

$$C_{i,t}^m = \left(\frac{P_{i,t}^{m,c}}{P_t^{m,c}}\right)^{-\frac{\lambda_t^{m,c}}{\lambda_t^{m,c}-1}} C_t^m. \tag{21}$$

Po analogiji lahko definiramo pripadajoče funkcije za uvožene investicijske dobrine:

$$I_t^m = \left[\int_0^1 \left(I_{i,t}^m\right)^{\frac{1}{\lambda_t^{m,i}}} di\right]^{\lambda_t^{m,i}}, \ \lambda_t^{m,i} \geq 1, \tag{22}$$

in

$$I_{i,t}^m = \left(\frac{P_{i,t}^{m,i}}{P_t^{m,i}}\right)^{-\frac{\lambda_t^{m,i}}{\lambda_t^{m,i}-1}} I_t^m. \tag{23}$$

Iz označb izhaja, da tudi v izvoznem sektorju dovoljujemo, da se pribitki na cene v času spreminjajo, in jih modeliramo kot avtoregresijske procese:

$$\lambda_t^{m,c} = \left(1 - \rho_{\lambda^{mc}}\right) \lambda_{t-1}^{m,c} + \rho_{\lambda^{m,c}} \lambda_{t-1}^{m,c} + \varepsilon_{\lambda^{m,c},t}, \tag{24}$$

in

$$\lambda_t^{m,i} = \left(1 - \rho_{\lambda^{m,i}}\right) \lambda_{t-1}^{m,i} + \rho_{\lambda^{m,i}} \lambda_{t-1}^{m,i} + \varepsilon_{\lambda^{m,i},t}, \tag{25}$$

Z vstavitvijo funkcij povpraševanja v izraze optimizacijskih problemov uvoznih podjetij lahko le-te preoblikujemo in dobimo naslednje pogoje prvega reda:

$$E_t \sum_{s=0}^{\infty} \left(\beta \xi_{m,c}\right)^s d_{t+s} \left[\begin{array}{c} \left(\frac{\left(\frac{P_{t+s-1}^{m,c}}{P_{t-1}^{m,c}}\right)^{\kappa_{m,c}} \left(\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c \cdots \bar{\pi}_{t+s}^c\right)^{1-\kappa_{m,c}}}{\frac{P_{t+s}^{m,c}}{P_t^{m,c}}}\right)^{-\frac{\lambda_{t+s}^{m,c}}{\lambda_{t+s}^{m,c}-1}} C_{t+s}^m P_{t+s}^{m,c} \times \\ \left(\frac{\left(\frac{P_{t+s-1}^{m,c}}{P_{t-1}^{m,c}}\right)^{\kappa_{m,c}} \left(\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c \cdots \bar{\pi}_{t+s}^c\right)^{1-\kappa_{m,c}}}{\frac{P_{t+s}^{m,c}}{P_t^{m,c}}}\right) \frac{P_{opt,t}^{m,c}}{P_t^{m,c}} - \frac{\lambda_t^{m,c} P_{t+s}^*}{P_{t+s}^{m,c}} \end{array}\right] = 0 \tag{26}$$

in

$$E_t \sum_{s=0}^{\infty} \left(\beta \xi_{m,i}\right)^s d_{t+s} \left[\begin{array}{c} \left(\frac{\left(\frac{P_{t+s-1}^{m,i}}{P_{t-1}^{m,i}}\right)^{\kappa_{m,i}} \left(\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c ... \bar{\pi}_{t+s}^c\right)^{1-\kappa_{m,i}}}{\frac{P_{t+s}^{m,i}}{P_t^{m,i}}} \right)^{-\frac{\lambda_{t+s}^{m,i}}{\lambda_{t+s}^{m,i}-1}} I_{t+s}^m P_{t+s}^{m,i} \times \\ \left(\frac{\left(\frac{P_{t+s-1}^{m,i}}{P_{t-1}^{m,i}}\right)^{\kappa_{m,i}} \left(\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c ... \bar{\pi}_{t+s}^c\right)^{1-\kappa_{m,i}}}{\frac{P_{t+s}^{m,i}}{P_t^{m,i}}} \right) \frac{P_{opt,t}^{m,i}}{P_t^{m,i}} - \frac{\lambda_t^{m,i} P_{t+s}^*}{P_{t+s}^{m,i}} \end{array} \right] = 0. \tag{27}$$

S podobnim postopkom kot zgoraj lahko izpeljemo Phillipsovi krivulji za uvozni sektor

$$\begin{aligned} \hat{\pi}_t^{m,j} - \widehat{\bar{\pi}}_t^c &= \frac{\beta}{1+\beta\kappa_{m,j}} \left(E_t \hat{\pi}_{t+1}^{m,j} - \rho_\pi \widehat{\bar{\pi}}_t^c\right) + \frac{\kappa_{m,j}}{1+\beta\kappa_{m,j}} \left(\hat{\pi}_{t-1}^{m,j} - \widehat{\bar{\pi}}_t^c\right) \\ & -\frac{\kappa_{m,j}\beta\left(1-\rho_\pi\right)}{1+\beta\kappa_{m,j}} \widehat{\bar{\pi}}_t^c + \frac{\left(1-\xi_{m,j}\right)\left(1-\beta\xi_{m,j}\right)}{\xi_{m,j}\left(1+\beta\kappa_{m,j}\right)} \left(\widehat{mc}_t^{m,j} + \hat{\lambda}_t^{m,j}\right), \end{aligned} \tag{28}$$

kjer $j = \{c, i\}$ in $\widehat{mc}_t^{m,j} = \hat{p}_t^* - \hat{p}_t^{m,j}$ so relativne cene med cenami uvoženih dobrin na tujem in domačem trgu, kar predstavlja tudi pripadajoče realne devizne tečaje. [1]

2.3 Izvozna podjetja

Izvozna podjetja na domačem trgu kupujejo doma proizvedene dobrine in jih diferencirane prodajajo v tujini. Mejni strošek za ta podjetja je torej cena agregatne domače dobrine P_t. Povpraševanje tujih gospodinjstev po enačicah domačih dobrin je

$$\tilde{X}_{i,t} = \left(\frac{P_{i,t}^x}{P_t^x}\right)^{-\frac{\lambda_t^x}{\lambda_t^x - 1}} \tilde{X}_t, \tag{29}$$

kjer je $\tilde{X}_t$ celotni izvoz dobrin, ki se sestoji iz izvoza potrošnih, C_t^x, in investicijskih, I_t^x, dobrin. Stohastični pribitek na stroške λ_t^x zapišemo kot

$$\lambda_t^x = \left(1 - \rho_{\lambda^x}\right) \lambda_{t-1}^x + \rho_{\lambda^x} \lambda_{t-1}^x + \varepsilon_{\lambda^x,t}. \tag{30}$$

Calvo tip rigidnosti cen in inflacijska inercije je predpostavljena tudi za izvozni sektor,

[1] Zaradi predpostavke fiksnega deviznega tečaja nominalni devizni tečaj ne vpliva na odklone realnega deviznega tečaja od ravnonvesja.

kar vpliva na problem optimitacije profita:

$$\max_{P^x_{opt,t}} E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta\xi_x)^s d_{t+s} \left[\begin{array}{c} \left(\pi^x_t \pi^x_{t+1}...\pi^x_{t+s-1}\right)^{\kappa_x} \left(\bar{\pi}^c_{t+1}\bar{\pi}^c_{t+2}...\bar{\pi}^c_{t+s}\right)^{1-\kappa_x} P^x_{opt,t}\tilde{X}_{i,t+s} \\ -P_{t+s}\left(\tilde{X}_{i,t+s} + z_{t+s}\phi^x\right) \end{array} \right]. \tag{31}$$

Z loglinearizacij pripadajočega pogoja prvega tudi za izvozni sektor dobimo Phillipsovo krivuljo:

$$\begin{aligned} \hat{\pi}^x_t - \hat{\bar{\pi}}^c_t &= \frac{\beta}{1+\beta\kappa_x}\left(E_t\hat{\pi}^x_{t+1} - \rho_\pi \hat{\bar{\pi}}^c_t\right) + \frac{\kappa_x}{1+\beta\kappa_x}\left(\hat{\pi}^x_{t-1} - \hat{\bar{\pi}}^c_t\right) \\ &\quad - \frac{\kappa_x\beta(1-\rho_\pi)}{1+\beta\kappa_x}\hat{\bar{\pi}}^c_t + \frac{(1-\xi_x)(1-\beta\xi_x)}{\xi_x(1+\beta\kappa_x)}\left(\widehat{mc}^x_t + \hat{\lambda}^x_t\right), \end{aligned} \tag{32}$$

kjer so realni mejni stroški izvoznih podjetij $\widehat{mc}^x_t = \hat{p}_t - \hat{p}^x_t$.

Predpostavka majhnega odprtega gospodarstva pomeni, da predstavlja domače uvozno povpraševanje zanemarljiv delež globalnega povpraševanja. To nam omogoča, da zapišemo izvozno povpraševanje po potrošnih dobrinah kot

$$C^x_t = \left[\frac{P^x_t}{P^*_t}\right]^{-\eta_f} C^*_t, \tag{33}$$

po investicijskih dobrinah pa kot

$$I^x_t = \left[\frac{P^x_t}{P^*_t}\right]^{-\eta_f} I^*_t. \tag{34}$$

C^*_t in I^*_t predstavljata tuje potrošno in investicijsko povpraševanje, velja pa tudi identiteta $\tilde{X}_t = C^*_t + I^*_t$.

2.4 Gospodinjstva

Gospodinjstva, ki jih označujemo z indeksom $j \in (0,1)$, črpajo svojo korist iz potrošnje, prostega časa in denarnih imetij na svojih računih. Denar torej vstopa nesposredno v funkcijo koristnosti gospodinjstev. Ker imamo opravka z modelom odprtega gospodarstva se potrošnja sestoji iz doma proizvedenih dobrin in uvoženih dobrin, ki jih dobavljajo uvozna podjetja. Gospodinjstva imajo tudi t.i. vztrajnost navad (habit formation), ki vnaša persistentnost v časovni profil potrošnje. Funkcijo koristnosti tako zapišemo kot

$$E_0^j \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[\zeta_t^c \ln\left(C_{j,t} - bC_{j,t-1}\right) - \zeta_t^L A_L \frac{(h_{j,t})^{1+\sigma_L}}{1+\sigma_L} + \zeta_t^M A_M \frac{\left(\frac{M_{j,t}}{z_t P_t}\right)^{1-\sigma_M}}{1-\sigma_M} \right] \tag{35}$$

pri čemer $C_{j,t}$ in $h_{j,t}$ označujeta ravni realne potrošnje in ponudbe dela gospodinjstva j. $M_{j,t}/P_t$ je pripadajoča realna denarna blagajna, ki jo prilagodimo s spremenljivko z_t (podrobneje opisana v nadaljevanju) z namenom zagotavljanja stacionarnosti pripadajočega argumenta funkcije koristnosti. Vztrajnost navad (habit persistence) v potrošnji je zajeta s členom $bC_{j,t-1}$. ζ_t^c, ζ_t^L in ζ_t^M so preferenčni šoki (potrošno prefrerenčni šok, šok ponudbe dela in šok povpraševanja po denarju), ki sledijo procesom

$$\begin{aligned}
\hat{\zeta}_t^c &= \rho_{\zeta^c} \hat{\zeta}_{t-1}^c + \varepsilon_{\zeta^c,t}, \\
\hat{\zeta}_t^L &= \rho_{\zeta^L} \hat{\zeta}_{t-1}^L + \varepsilon_{\zeta^L,t}, \\
\hat{\zeta}_t^M &= \rho_{\zeta^M} \hat{\zeta}_{t-1}^M + \varepsilon_{\zeta^M,t},
\end{aligned}$$

pri čemer je $E\left(\zeta^i\right) = 1$ in $\hat{\zeta}_t^i = \left(\zeta^i - 1\right)/1$, $i = \{c, L, M\}$.

Agregatna potrošnja je CES indeks doma proizvedenih in uvoženih dobrin:

$$C_t = \left[(1-\omega_c)^{1/\eta_c} \left(C_t^d\right)^{(\eta_c-1)/\eta_c} + \omega_c^{1/\eta_c} \left(C_t^m\right)^{(\eta_c-1)/\eta_c} \right]^{\eta_c/(\eta_c-1)}. \tag{36}$$

C_t^d in C_t^m označujeta potrošnjo doma proizvedenih in uvoženih dobrin, ω_c je delež uvoza v potrošnji, η_c pa elastičnost substitucije med domačimi in uvoženimi dobrinami. Povpraševanji po domačih in uvoženih dobrinah imata naslednji funkcijski obliki (glej Obstfeld in Rogoff, 1997)

$$C_t^d = (1-\omega_c) \left[\frac{P_t}{P_t^c}\right]^{-\eta_c} C_t, \tag{37}$$

$$C_t^m = \omega_c \left[\frac{P_t^{m,c}}{P_t^c}\right]^{-\eta_c} C_t, \tag{38}$$

pri čemer je mogoče pokazati, da je indeks cen življenjskih potrebščin, ki meri ceno ene enote agregatne potrošnje, enak

$$P_t^c = \left[(1-\omega_c)^{1/\eta_c} P_t^{1-\eta_{c^c}} + \omega_c^{1/\eta_c} \left(P_t^{m,c}\right)^{1-\eta_c} \right]^{1/(1-\eta_c)} \tag{39}$$

Pri zapisu proračunske omejitve gospodinjstev upoštevamo, da jim je na voljo varčevanje v obliki domačih ter tujih obveznic in denarju. Optimalnostni pogoji za te oblike varčevanja določajo mednarodno obrestno pariteto, ki določa domačo obrestno mero v odvisnosti od tuje in endogenega pribitka za tveganje. Zaradi predpostavke članstva v denarni uniji je nominalni devizni tečaj fiksen, domača denarna politika pa s tem izgubi svojo samostojnost. Gospodinjstva imajo v lasti kapital, ki ga podjetja uporabljajo v svojem proizvodnem procesu. Dinamika kapitala je podvržena določenim stroškom prilagajanja, ki izvirajo iz stroškov prilagajanja investicij in stroškov spreminjanja izkoriščenosti proizvodnih kapacitet:

$$\bar{K}_{t+1} = (1-\delta)\,\bar{K}_t + \Upsilon_t F\left(I_t, I_{t-1}\right) + \Delta_t \tag{40}$$

Funkcija $F\left(I_t, I_{t-1}\right)$, ki pretvarja investicije v kapital je specificirana kot v Christiano et al. (2005):

$$F\left(I_t, I_{t-1}\right) = \left(1 - \tilde{S}\left(I_t, I_{t-1}\right)\right) I_t, \tag{41}$$

pri čemer funkcija $\tilde{S}$ zadošča lastnostim $\tilde{S}\left(\mu_z\right) = \tilde{S}'\left(\mu_z\right) = 0$ in $\tilde{S}''\left(\mu_z\right) \equiv \tilde{S}'' > 0$. Stohastično proces Υ_t je investicijski tehnološki šok, ki v log-linearni obliki sledi AR(1) proces

$$\hat{\Upsilon}_t = \rho_\Upsilon \hat{\Upsilon}_{t-1} + \varepsilon_{\Upsilon,t},$$

kjer $\hat{\Upsilon}_t = \left(\Upsilon_t - 1\right)/1$.

Po analogiji z definicijami agregatov potrošnje in indeksa cen življenjskih potrebščin lahko opredelimo tudi agregate investicij in pripadajoči indeks cen investicijskih dobrin. Agregatne investicije so sestavljene iz doma proizvedenih in uvoženih investicijskih dobrin:

$$I_t = \left[(1-\omega_i)^{1/\eta_i}\left(I_t^d\right)^{(\eta_i-1)/\eta_i} + \omega_i^{1/\eta_i}\left(I_t^m\right)^{(\eta_i-1)/\eta_i}\right]^{\eta_i/(\eta_i-1)}, \tag{42}$$

kjer ω_i je delež uvoza v investicijah, η_i pa elastičnost substitucije med domačimi in uvoženimi investicijskimi dobrinami. Pripadajoči indeks cen je

$$P_t^i = \left[(1-\omega_i)\left(P_t\right)^{1-\eta_i} + \omega_i\left(P_t^m\right)^{1-\eta_i}\right]^{1/(1-\eta_i)}, \tag{43}$$

Funkcije povpraševanja po podkomponentah investicij so

$$I_t^d = (1-\omega_i)\left[\frac{P_t}{P_t^i}\right]^{-\eta_i} I_t, \tag{44}$$

$$I_t^m = \omega_i\left[\frac{P_t^{m,i}}{P_t^i}\right]^{-\eta_i} I_t, \tag{45}$$

pri čemer velja opozoriti, da so cene doma proizvedenih investicijskih dobrin enake cenam doma proizvedenih potrošnih dobrin.

Vsa gospodinjstva so ex ante enaka zato lahko operiramo s predpostavko reprezentativnega gospodinjstva. To pomeni, da so vsa gospodinjstva v vsakem obdobju soočena z enako proračunsko omejitvijo, ki jo zapišemo kot

$$\begin{aligned} & M_{j,t+1} + B_{j,t+1}^* + B_{j,t+1} + P_t^c C_{j,t}\left(1+\tau^c\right) + P_t^i I_{j,t} + P_t\left(a\left(u_{j,t}\right)\bar{K}_{j,t} + P_{k',t}\Delta_t\right) \\ = \; & R_{t-1}B_{j,t} + M_{j,t} + \left(1-\tau^k\right)\Pi_{j,t} + \left(1-\tau^y\right)W_{j,t}h_{j,t} + \left(1-\tau^k\right)R_t^k u_{j,t}\bar{K}_{j,t} \\ & + R_{t-1}^*\Phi\left(\frac{A_{t-1}}{z_{t-1}},\tilde{\phi}\right)B_{j,t}^* + TR_{j,t} + D_{j,t} \\ & -\tau^k\left[R_{t-1}B_{j,t} + \left(R_{t-1}^*\Phi\left(\frac{A_{t-1}}{z_{t-1}},\tilde{\phi}\right) - 1\right)B_{j,t}^*\right]. \end{aligned} \tag{46}$$

Leva stran omejitve predstavlja porabo dohodka za varčevanje, potrošnjo in investicije, leva pa vire dohodka. Gospodinjstva tudi plačajo strošek prilagajanja kapitala (člen $P_t a\left(u_{j,t}\right)\bar{K}_{j,t}$ v proračunski omejitvi). Funkcija $a\left(u_{j,t}\right)$ meri stroške uporabe kapitala z lastnostmi $a\left(1\right)=0$, $a' = \left(1-\tau^k\right)r^k$ v ustaljenem stanju in $a'' \geq 0$. u_t je stopnja zasedenosti proizvodnih kapacitet definirana kot

$$u_t = \frac{K_t}{\bar{K}_t}.$$

Upoštevane so povprečne davčne stopnje na potrošnjo, τ^c, dohodke iz kapitala, τ^k, in dohodnina, τ^y. Za razliko od modela v Adolfson et al. (2007) predpostavimo, da se te davčne stopnje v pričujočem modelu fiksne. Obrestne mere so izračene v bruto stopnjah, tj. $R_t \equiv 1 + r_t$. Gospodinjstva dobijo obresti na domače obveznice, katerih donos je netvegan. Obresti so dobljene tudi iz naslova naložb v tuje obveznice, pri katerih je donos prilagojen tveganju za faktor $\Phi\left(A_{t-1}/z_{t-1},\tilde{\phi}_t\right)$ (Benigno in Benigno, 2003). Pri tem je potrebno upoštevati, da je v modelu predpostavka nepreklicno fiksnega deviznega tečaja (denaran unija), zato vrednost deviznega tečaja ne vpliva na domači donos tujih obveznic. Premija za tveganje določa funkcija $\Phi\left(A_{t-1}/z_{t-1},\tilde{\phi}\right)$, v katero vstopajo eksogeno določena premija za tveganje, $\tilde{\phi}_t$, in neto zunanja investicijska pozicija države

$$A_t = \frac{B^*_{t+1}}{P_t}. \tag{47}$$

Funkcija $\Phi\left(A_{t-1}/z_{t-1}, \tilde{\phi}_t\right)$ je strogo padajoča glede na argument A_t in v ravnovesju zadišča pogoju $\Phi(0,0) = 1$. Z vpeljavo tega endogenega pribitka za tveganje se v model vnese nepopolna integracija mednarodnih finančnih trgov. V kolikor si država neto izposoja, $B^*_t < 0$, morajo domači subjekti plačevati pribitek za tveganje pri izposojanju v tujini. Obratno velja, če je država neto upnik tujine, $B^*_t > 0$. S tehničnega vidika je vpeljava tega pribitka za tveganje potrebna tudi za zagotovitev stacionarnosti ustaljenega stanja v modelu majhnega odprtega gospodarstva (Schmitt-Grohe in Uribe, 2003). TR_t so transferi države gospodinjstvom.

Gospodinjstva optimizirajo svojo funkcijo koristnosti (35) ob proračunski omejitvi (46) in enačbi dinamike kapitala (40), kar lahko ponazorimo z zapisom Lagrangeove funkcije:

$$\max_{C_{j,t}M_{j,t+1}\Delta_t,\bar{K}_{t+1},I_{j,t}B_{j,t+1}B^*_{j,t+1},h_{j,t}} E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \tilde{L}_t$$

$$\tilde{L}_t = \left[\begin{array}{c} \zeta_t^c \ln\left(C_{j,t} - bC_{j,t-1}\right) - \zeta_t^L A_L \frac{(h_{j,t})^{1+\sigma_L}}{1+\sigma_L} + \zeta_t^M A_M \frac{\left(\frac{M_{j,t}}{z_t P_t}\right)^{1-\sigma_M}}{1-\sigma_M} \\ +v_t \left\{ \begin{array}{c} R_{t-1}B_{j,t} + M_{j,t} + \left(1-\tau^k\right)\Pi_{j,t} + \left(1-\tau^y\right)W_{j,t}h_{j,t} \\ + \left(1-\tau^k\right)R_t^k u_{j,t}\bar{K}_{j,t} + R^*_{t-1}\Phi\left(\frac{A_{t-1}}{z_{t-1}}, \tilde{\phi}\right)B^*_{j,t} + TR_{j,t} + D_{j,t} \\ -\tau^k\left[R_{t-1}B_{j,t} + \left(R^*_{t-1}\Phi\left(\frac{A_{t-1}}{z_{t-1}}, \tilde{\phi}\right) - 1\right)B^*_{j,t}\right] \\ -\left(M_{j,t+1} + B^*_{j,t+1} + B_{j,t+1} + P_t^c C_{j,t}\left(1+\tau^c\right) + P_t^i I_{j,t}\right) \\ - + P_t\left(a\left(u_{j,t}\right)\bar{K}_{j,t} + P_{k',t}\Delta_t\right) \\ +\omega_t\left(\left(1-\delta\right)\bar{K}_t + \Upsilon_t F\left(I_t, I_{t-1}\right) + \Delta_t - \bar{K}_{t+1}\right) \end{array} \right\} \end{array} \right]$$

Na podlagi tega lahko zapišemo pogoje prvega reda za vse ključne spremenljivke, ki pa jih želimo izraziti v enotah stacionarnih realnih spremenljivk. Stacionarnost spemenljivk dosežemo z normalizacijo z ravno permanentnih tehnoloških šokov, z_t, kar pomeni, da moramo ustrezno preoblikovati tudi realni Lagrangeov multiplikator $\psi_t \equiv v_t P_t$ v $\psi_{z,t} \equiv z_t \psi_t$.

Pogoj prvega reda glede na C_t :

$$\frac{\zeta_t^c}{c_t - bc_{t-1}\frac{1}{\mu_{z,t}}} - \beta b E_t \frac{\zeta_{t+1}^c}{c_{t+1}\mu_{z,t+1} - bc_t} - \psi_{z,t}\frac{P_t^c}{P_t}\left(1+\tau_c\right) = 0 \tag{48}$$

Pogoj prvega reda glede na B_{t+1} :

$$-\psi_{z,t} + \beta E_t \left[\frac{\psi_{z,t}}{\mu_{z,t}} \frac{R_t}{\pi_{t+1}} - \frac{\psi_{z,t+1}}{\mu_{z,t+1}} \frac{\tau^k}{\pi_{t+1}} (R_t - 1) \right] = 0 \tag{49}$$

Pogoj prvega reda glede na Δ_t :

$$-\psi_t P_{k',t} + \omega_t = 0 \tag{50}$$

Pogoj prvega reda glede na $\bar{K}_{t+1}$:

$$-\psi_{z,t} P_{k',t} \beta E_t \left[\frac{\psi_{z,t+1}}{\mu_{z,t+1}} \left((1-\delta) P_{k',t+1} + \left(1 - \tau^k\right) r^k_{t+1} u_{t+1} - a\left(u_{t+1}\right) \right) \right] = 0 \tag{51}$$

Pogoj prvega reda glede na I_t :

$$P_{k',t} \psi_{z,t} \Upsilon_t F_1 \left(i_t, i_{t-1}, \mu_{z,t}\right) + \beta E_t \left[P_{k',t+1} \psi_{z,t+1} \Upsilon_{t+1} F_2 \left(i_{t+1}, i_t, \mu_{z,t+1}\right) \right] = \psi_{z,t} \frac{P^i_t}{P_t} \tag{52}$$

Pogoj prvega reda glede na u_t :

$$\psi_{z,t} \left(\left(1 - \tau^k\right) r^k_t - a'\left(u_t\right) \right) = 0 \tag{53}$$

Pogoj prvega reda glede na M_{t+1} :

$$\zeta^M_t A_M m_t^{-\sigma_M} - \left(1 - \tau^k\right) \psi_{\,z,t} \left(R_{t-1} - 1\right) = 0 \tag{54}$$

Pogoj prvega reda glede na B^*_t :

$$-\psi_{z,t} + \beta E_t \left[\frac{\psi_{z,t+1}}{\mu_{z,t+1}} \frac{1}{\pi_{t+1}} R^*_t \Phi\left(a_t, \tilde{\phi}_t\right) - \tau^k \left(R^*_t \Phi \left(a_t, \tilde{\phi}_t\right) - 1 \right) \right] = 0 \tag{55}$$

2.5 Določanje domače obrestne mere

Ker je Slovenija članica EMU, Banka Slovenije ne uporablja neodvisnega intrumentalnega pravila za določanje domače obrestne mere. Zato se domača obrestna mera določa pod vplivom mednarodne obrestne paritete na nepopolno integriranih mednarodnih finančnih trgih. S kombinacijo pogojev prvega reda za domačle obveznice (49) in tuje obveznice (55) in log-linearizacijo dobimo:

$$\hat{R}_t - \hat{R}^*_t = \widehat{\tilde{\phi}}_t - \tilde{\phi}_a \hat{a}_t \tag{56}$$

kjer je skladno z modelom v Adolfson et al. (2007) predpostavljena naslednja funkcijska oblika za premijo za tveganje:

$$\Phi\left(a_t, \tilde{\phi}_t\right) = e^{-\tilde{\phi}_a(a_t - \bar{a}) + \hat{\tilde{\phi}}_t} \tag{57}$$

Vidimo torej, da domača obrestna mera odvisna od eksogeno določene tuje obrestne mere in eksogenih šokov v premijo za tveganje, obenem pa nanjo negativno vpliva tudi raven neto tuje investicijske pozicije.

2.6 Oblikovanje plač

V modelu predpostavljamo, da je delo, ki ga ponujajo gospodinjstva diferencirano. To pomeni, da so gospodinjstva monopolistični ponudniki svoje inačice dela in imajo pri tem moč določanja plač. Na določeni višini plače gospodinstva neelastično ponujajo delo, ki ga pri tej plači podjetja povprašujejo.

Pri mehanizmu oblikovanja plač se sledi člankom Erceg et al. (2000) in Christiano et al. (2005), ki vpeljejo nominalno rigidnost Calvovega tipa. Trg dela deluje na naslednji način. Vsako gospodinjstvo prodajo svojo inačico dela $h_{j.t}$ podjetju, ki ga združuje v homogen faktor dela H_t skladno z naslednjo produkcijsko funkcijo:

$$H_t = \left[\int_0^1 (h_{j,t})^{\frac{1}{\lambda_w}}\, dj\right]^{\lambda_w}, \ \lambda_w \geq 1 \tag{58}$$

λ_w meri pribitek plač zaradi tržne moči ponudnikov dela. Podjetje jemlje postavljene plače kot dane in, ob minizaciji stroškov, povprašuje po delu skladno z naslednjo funkcijo:

$$h_{j,t} = \left[\frac{W_{j,t}}{W_t}\right]^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} H_t. \tag{59}$$

Calvov mehanizem pri določanju plače se kaže v verjetnosti $1 - \xi_w$ reoptimizacije plač vsako obdobje. Gospodinjstva, ki dobijo možnost reoptimizacije, izberejo raven plače $W_{opt,t}$ upoštevajoč dejstvo, da je z določeno verjenostjo v prihodnjih obdobjih ne bodo mogle ponovno reoptimizirati. Gospodinjstva, ki ne morejo reoptimizirati v določenem obdobju, plače indeksirajo glede na preteklo inflacijo, trenutni inflacijski cilj in pričakovano trendno rast produktivnosti:

$$W_{j,t+1} = \left(\pi_t^c\right)^{\kappa_w} \left(\bar{\pi}_t^c\right)^{1-\kappa_w} \mu_{z,t+1} W_t$$

Gospodinjstva, ki reoptimizirajo, pri določanju $W_{opt,t}$ ob upoštevanju omejitve (59) rešujejo naslednji optimizacijski problem:

$$\max_{W_{opt,t}} E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta\xi_w)^s \left[\begin{array}{c} -\zeta_t^L A_L \frac{(h_{j,t})^{1+\sigma_L}}{1+\sigma_L} + v_{t+s}(1-\tau^y)\left(\pi_t^c \pi_{t+1}^c ... \pi_{t+s-1}^c\right)^{\kappa_w} \times \\ \left(\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c ... \bar{\pi}_{t+s}^c\right)^{1-\kappa_w} \left(\mu_{z,t+1} ... \mu_{z.t+s}\right) W_{opt,t} \end{array} \right]. \quad (60)$$

Pogoj prvega reda je

$$\begin{array}{c} E_t \sum_{s=0}^{\infty} (\beta\xi_w)^s h_{j,t}[-\zeta_t^L A_L (h_{j,t})^{\sigma_L} \\ +\frac{W_{opt,t}}{P_t z_t} \frac{z_{t+s} v_{t+s} P_{t+s}}{\lambda_w} (1-\tau^y)\left(\frac{P_{t+s-1}^c}{P_{t-1}^c}\right)^{\kappa_w} \frac{\left(\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c ... \bar{\pi}_{t+s}^c\right)^{1-\kappa_w}}{\frac{P_{t+s}}{P_t}} = 0 \end{array} . \quad (61)$$

Loglinearizacij pogoja prvega pripelje do dinamične enačbe plač, ki se uporablja v modelu.

2.7 Država

Obnašanje države opišemo z njeno proračunsko omejitvijo in opredelitvijo reakcijske funkcije fiskalne politike. Proračunski deficit je razlika med izdatki in prejemki proračuna:

$$Def_t = Gex_t - T_t, \quad (62)$$

pri čemer so davki:

$$\begin{aligned} T_t &= \tau^c P_t^c C_t + \tau^y W_t H_t + \tau^k \left[(R_t - 1) B_t + R_t^k u_t \bar{K}_t\right] \quad (63) \\ &\quad +\tau^k \left[\left(R_{t-1}^* \Phi\left(a_{t-1}, \tilde{\phi}_{t-1}\right) - 1\right) B_t^* + \Pi_t\right], \end{aligned}$$

izdatki proračuna pa so vsota državen potrošnje, G_t, in transferjev gospodinjstvom, $TR_t : Gex_t = TR_t + G_t$. Za transfere predpostavimo, da so produkt nadomestitvene stopnje, rr_t, glede na povprečno nominalno plačo in stopnje brezposelnosti (D'Auria et al., 2008):

$$TR_t = rr_t * W_t (1 - h_t) \quad (64)$$

Za nadomestitveno razmerje dovolimo, da je podvrženo stohastičnim motnjam in predpostavimo, da sledi AR(1) procesu

$$rr_t = (1 - \rho_{rr}) \overline{rr} + \rho_{rr} rr_{t-1} + \varepsilon_{rr,t}. \quad (65)$$

Potrošnja proračuna je določena s fiskalnim pravilom, v katerem velja definicijska relacija

$$G_t = G_{t-1} GG_t, \tag{66}$$

pri čemer je stopnja rasti nominalnih izdatkov določena z naslednjim pravilom:

$$GG_t = \hat{\mu}_{z,t} + \hat{\pi}_t - \rho_\pi \left(\hat{\pi}_t - \hat{\bar{\pi}}_t^c\right) - \rho_y \hat{y}_t - \rho_b \left(b_t - \bar{b}\right) + \varepsilon_{g,t}. \tag{67}$$

V skladu s tem pravilom državna potrošnja raste skladno z rastjo nominalnega BDP ($\mu_{z,t}\pi_t$), popravljeno za stabilizacijsko vlogo fisklane politike, ki postane restriktivna, ko inflacija presega ciljno inflacijo $\hat{\pi}_t - \hat{\bar{\pi}}_t^c > 0$, ko je dejanski proizvod nad ravnovesnim oz. ko je proizvodna vrzel pozitivna, $\hat{y}_t > 0$, in ko je vrednost javnega dolga nad ciljno vrednostjo, $b_t - \bar{b} > 0$. To istočasno tudi pomeni, da je dinamika stacionarizirane realne državne potrošnje, $g_t = \frac{G_t}{P_t z_t}$, določena z

$$gg_t = -\rho_\pi \left(\hat{\pi}_t - \hat{\bar{\pi}}_t^c\right) - \rho_y \hat{y}_t - \rho_b \left(b_t - \bar{b}\right) + \varepsilon_{g,t}. \tag{68}$$

2.7.1 Fiskalno pravilo - nekaj opomb glede možnih alternativnih specifikacij in uporabe v praksi

Ta oblika fiskalnega pravila se seveda lahko spreminja glede na namen analize. V kolikor je namen analize preveriti preteklo obnašanje fiskalne politike v Sloveniji, potem jo lahko specificiramo še bolj na splošno in ocenimo pripadajoče parametre. Ker je naš model strukturen lahko seveda naredimo še korak dlje in naredimo protidejstveni eksperiment, ki nam pove kako bi se obnašala ekonomija, v kolikor bi bilo delovanje fiskalne politike drugačno in pri tem pri simulaciji modela predpostavimo neke alternativne vrednosti parametrov. Lahko se, na primer, uporabi drugačna definicija trendne stopnje rasti nominalne državen potrošnje. Tako kot je definirano zgoraj je zgolj modelsko konsistentno, saj je $\mu_{z,t}$ tisto, kar določa dolgoročni trend rasti ekonomije. To pa ne pomeni, da se ne more v pravilu uporabiti neka alternativna mera, kot je tista iz vladne uredbe, tj. drseče povprečje preteklih in prihodnjih pričakovanih stopenj rasti BDP (pri čemer so slednje določene z napovedmi, ki jih generira model). Vladna uredba predvideva tudi, da bo vlada vsaki dve leti določila konkretne vrednosti parametrov fiskalnega pravila. Na podlagi protidejstvenih simulacij modela bo lahko, izhajajoč iz zadnjega merjenega stanja gospodarstva, izbrala vrednosti parametrov, ki so glede na modelsko generirane napovedi optimalne.

Velja poudariti, da je vse to mogoče zaradi dejstva, da je DSGE model strukturne narave. Koeficienti dinamičnih enačb modela so namreč nelinerane funkcije globokih parametrov modela, ki jih povezujemo z preferencami potrošnikov, tehnologijo in strukturo gospodarstva, nominalnimi in realnimi parametri rigidnosti, ter strukturnimi šoki. Ostali tradicionalni makroekonomski modeli, ki so trenutno v uporabi v Sloveniji teh lastnosti nimajo, zato tudi ne nudijo opisane uporabe pri analizi ekonomske politike.

2.8 Definicije relativnih cen

Relativne cene, ki vstopajo v model, se izražajo glede na cen potrošnih dobrin in glede na cene investicijskih dobrin. Zaradi različnih značilnosti narave potrošnje teh dveh vrst dobrin in sektorskih parametrov so v modelu različne dinamike cen.

Razmerje med cenami uvoženih dobrin in cenami doma proizvedenih dobrin:

$$\begin{aligned} \gamma_t^{mc,d} &\equiv \frac{P_t^{m,c}}{P_t}. \\ \gamma_t^{mi,d} &\equiv \frac{P_t^{m,i}}{P_t}. \end{aligned}$$

Razmerje med cenami potrošnih in investicijskih dobrin ter cenami doma proizvedenih dobrin:

$$\begin{aligned} \gamma_t^{c,d} &\equiv \frac{P_t^{c}}{P_t} \\ \gamma_t^{i,d} &\equiv \frac{P_t^{i}}{P_t}. \end{aligned}$$

Razmerje med cenami tujih dobrin in cenami doma proizvedenih dobrin za izvoz:

$$\gamma_t^{x,*} \equiv \frac{P_t^x}{P_t^*}.$$

Glede na zgoraj izpeljane Phillipsove krivulje izvoznikov in uvoznikov je koristno opredeliti še njihove funkcije mejnih stroškov. Odklone od zakona ene cene za izvozna podjetja meri:

$$mc_t^x \equiv \frac{P_t}{P_t^x}.$$

S tem lahko definiramo razmerje med cenami dobrin proizvedenih doma in v tujini:

$$\gamma^f \equiv \frac{P_t}{P_t^*} = mc_t^x \gamma_t^{x,*}.$$

Mejni stroški uvoznikov potrošnih dobrin so:

$$
\begin{aligned}
mc_t^{m,c} &\equiv \frac{P_t^*}{P_t^{m,c}} = \frac{1}{\gamma_t^f \gamma_t^{mc,d}} = \frac{1}{mc_t^x \gamma_t^{x,*} \gamma_t^{mc,d}}, \\
mc_t^{m,i} &\equiv \frac{P_t^*}{P_t^{m,i}} = \frac{1}{\gamma_t^f \gamma_t^{mi,d}} = \frac{1}{mc_t^x \gamma_t^{x,*} \gamma_t^{mi,d}}
\end{aligned}
$$

2.9 Tuje gospodarstvo

Predpostavka majhnega odprtega gospodarstva pomeni, da ekonomsko dogajanje v domačem gospodarstvu ne vpliva na dinamiko tujih spremenljivk. Povedano drugače, tuje spremenljivke so z vidika domačega gospodarstva eksogene. V našem modelu je tuje gospodarstvo predstavlja Evro območje 12 prvotnih članic, kar je najširši EMU agregat podatkov, ki ne vsebuje Slovenija. Ta izbira je logična z dveh vidikov. Prvič, ta skupina držav predstavlja naše najpomembnejše članice. Drugič, to so države, s katerimi Slovenija tvori denarno unijo in, skladno z modelom, trgovinski tokovi med Slovenijo in EMU12 niso podvrženi vplivom nihanja deviznega tečaja.

Skladno z postopkom v Adolfson et al. (2007) tuje gospodarstvo opisujemo s tremi spremenljivkami: HP-filtriran logaritem BDP Evro območja (prvih 12 članic), CPI inflacija Evro območja (12 prvih članic, odstranjeni vplivi energije in sezonske hrane), ter 3-mesečni Euribor. Podatki so za obdobje 1995q1 - 2010q1, vir je Eurostat. Modeliramo jih kot vektorsko avtoregresijski model, v katerem smo število odlogov določili na podlagi HQ informacijskega kriterija. Isti kriterij je bil uporabljen tudi za določitev specifičnega modela (Luetkepohl in Kratzig, 2005), ki nato vstopa v DSGE model kot strogo eksogeni blok modela.

2.10 Tržna ravnovesja

V notranjem ravnovesju mora veljati, da vsota porabe ne presega domače proizvodnje. Tako lahko zapišemo, da velja:

$$
C_t^d + I_t^d + G_t + C_t^x + I_t^x \leq z_t^{1-\alpha} \epsilon_t K_t^\alpha H_t^{1-\alpha} - z_t \phi - a(u_t) \bar{K}_t \tag{69}
$$

Če vstavimo (37), (33), (44) in (34) v (69), uporabimo predpostavko $Y_t^* = C_t^* + I_t^*$, normaliziramo K_t in $\bar{K}_t$ z z_{t-1}, ostale realne spremenljivke pa z z_t, dobimo:

$$\begin{aligned} & (1-\omega_c)\left[\frac{P_t}{P_t^c}\right]^{-\eta_c} c_t + (1-\omega_i)\left[\frac{P_t}{P_t^i}\right]^{-\eta_c} i_t + g_t + \left[\frac{P_t^x}{P_t^*}\right]^{-\eta_c} y_t^* \frac{z_t^*}{z_t} \\ \leq \; & \epsilon_t \left(\frac{1}{\mu_{z,t}}\right)^{\alpha} k_t^{\alpha} H_t^{1-\alpha} - \phi - a\left(u_t\right)\bar{k}_t \frac{1}{\mu_{z,t}} \end{aligned} \tag{70}$$

Glede trende stopnje rasti predpostavljamo, da sledita tako domače kot tuje gospodarstvo skupnemu trendu. To pomeni, da v ustaljenem stanju velja $\mu_z = \mu_z^*$. Na podlagi tega lahko razmerje med permanetnima produktivnostnima trendoma $\frac{z_t^*}{z_t}$ definiramo kot asimetrični produktivnostni šok $\tilde{z}_t^* \equiv \frac{z_t^*}{z_t}$. Zanj predpostavimo, da (v log-linearni obliki) sledi AR(1) procesu:

$$\hat{\tilde{z}}_t^* = \rho_{\tilde{z}^*} \hat{\tilde{z}}_{t-1}^* + \varepsilon_{\tilde{z}^*,t}. \tag{71}$$

Z vidika zunanjega ravnovesja moramo opredeliti dinamiko neto tuje investicijske pozicije:

$$B_t^* = P_t^x\left(C_t^x + I_t^x\right) - P_t^*\left(C_t^m + I_t^m\right) + R_{t-1}^* \Phi\left(a_t, \tilde{\phi}_t\right) B_t^*, \tag{72}$$

kjer je $R_{t-1}^* \Phi\left(a_t, \tilde{\phi}_t\right)$ tveganju prilagojena bruto obrestna mera, ki jo država plačuje na dolg do tujine preteklega obdobja, a_t pa je definiran kot

$$a_t \equiv \frac{B_t *}{P_t z_t}.$$

Če se celotna (72) deli z $P_t z_t$, uporabimo $\frac{C_t^x}{z_t} + \frac{I_t^x}{z_t} = \left[\frac{P_t^x}{P_t^*}\right]^{-\eta_c} y_t^* \frac{z_t^*}{z_t}$ in definicijo a_t, dobimo:

$$a_t = \left(mc_t^x\right)^{-1}\left(\gamma_t^{x,*}\right)^{-\eta_f} y_t^* \tilde{z}_t^* - \left(\gamma_t^f\right)^{-1}\left(c_t^m + i_t^m\right) + R_{t-1}^* \Phi\left(a_t, \tilde{\phi}_t\right) \frac{a_{t-1}}{\pi_t \mu_{z,t}}. \tag{73}$$

3 Kalibracija modela

Ravnovesno stanje modela je v trenutni fazi razvoja modela v celoti kalibrirano.Kalibracija je potekal na podlagi podatkov Statističnega urada RS, Ministrstva za finance in razpoložljivih ocen v literaturi. Določene parametre modela, ki vplivajo na ustaljeno stanje je seveda mogoče tudi oceniti, kar je prepuščeno prihodnjemu razvoju. Ostali parametri modela so določeni na dva načina. Večina parametrov modela je bila ocenjena z Bayesianskimi metodami, izhajajoč iz začetnih porazdelitev modela, ki jih za Evro območje poročajo Adolfson et al. (2007). Pri ocenjevanju so bile uporabljene naslednje opazovane spremenljivke za Slovenijo v obdobju 1995q1 - 2010q1: rast BDP, rast zasebne potrošnje, rast investicijskega povpraševanja, rast izvoza, rast uvoza, rast državne potrošnje in inflacija merjena z BDP deflatorjem. Ker ocenjevanje modela ni bilo predmet projekta, so te ocene zgolj indikativne. Kjer v postopku ocenjevanja ni bilo mogoče identificirati vseh parametrov, so bile uporabljene ocene in kalibrirane vrednosti parametrov iz članka Adolfson et al. (2007). Celoten pregled vrednosti parametrov modela je podan v Tabeli 1.

Tabela 1: Vrednosti parametrov modela

Parameter	**Vrednost**	**Vir**
μ_z	1.009	Jongen (2005)
π	1.006	-
μ	1.016	model
α	0.30	-
β	0.995	model
R	1.0147	-
δ	0.013	SURS, model
σ_L	1	Christiano et al. (2005)
A_L	7.5	Adolfson et al. (2007)
λ_w	1.05	Adolfson et al. (2007)
τ^y	0.48	MF
τ^c	0.178	MF
τ^k	0.22	MF
σ_a	1000000	Adolfson et al. (2007)
A_q	0.3776	Adolfson et al. (2007)
ω_c	0.67	SURS
ω_i	0.40	SURS
$\overline{rr}$	0.70	-
$\bar{b}$	0.00	-
Gex/Y	0.46	-
T/Y	0.46	-
G/Y	0.19	SURS
η^c	1.50	Adolfson et al. (2007)
η^i	1.669	Adolfson et al. (2007)
η^f	1.460	Adolfson et al. (2007)

$\overline{\nu}$	1.00	Adolfson et al. (2007)
$\rho_{\overline{\pi}}$	0.975	Adolfson et al. (2007)
λ^d	1.168	Adolfson et al. (2007)
$\lambda^{m,i}$	1.226	Adolfson et al. (2007)
$\lambda^{m,c}$	1.619	Adolfson et al. (2007)
γ^f	1	Adolfson et al. (2007)
b	0.877	ocenjeno
S''	11.132	ocenjeno
ϕ_a	0.251	ocenjeno
κ_d	0.08	ocenjeno
κ_w	0.469	ocenjeno
κ_x	0.157	ocenjeno
$\kappa_{m,i}$	0.168	ocenjeno
$\kappa_{m,c}$	0.125	ocenjeno
ξ_d	0.932	ocenjeno
$\xi_{m,c}$	9.780	ocenjeno
$\xi_{m,i}$	0.7443	ocenjeno
ξ_x	0.639	Adolfson et al. (2007)
ξ_e	0.792	Adolfson et al. (2007)
ξ_w	0.697	Adolfson et al. (2007)
ρ_π	0.25	-
ρ_y	0.25	-
ρ_b	0.138	ocenjeno
ρ_{μ_z}	0.595	ocenjeno
ρ_ε	0.792	ocenjeno
ρ_Υ	0.640	ocenjeno
ρ_ϕ	0.729	ocenjeno
ρ_{ζ^c}	0.728	ocenjeno
ρ_{ζ^L}	0.676	ocenjeno
$\rho_{\lambda^{m,c}}$	0.766	ocenjeno
$\rho_{\lambda^{m,i}}$	0.721	ocenjeno
ρ_{rr}	0.862	ocenjeno
ρ_g	0.867	ocenjeno
ρ_{λ^d}	0.00	Adolfson et al. (2007)
ρ_{λ^x}	0.894	Adolfson et al. (2007)
σ_{ϵ_z}	0.030	ocenjeno

$\sigma_{\epsilon_{\varepsilon}}$	0.215	ocenjeno
$\sigma_{\epsilon_{\Upsilon}}$	0.152	ocenjeno
$\sigma_{\epsilon_{\zeta^c}}$	0.100	ocenjeno
$\sigma_{\epsilon_{\zeta^L}}$	0.065	ocenjeno
$\sigma_{\epsilon_{\phi}}$	0.071	ocenjeno
$\sigma_{\epsilon_{\lambda^d}}$	0.073	ocenjeno
$\sigma_{\epsilon_{\lambda^{m,c}}}$	0.770	ocenjeno
$\sigma_{\epsilon_{\lambda^{m,i}}}$	0.277	ocenjeno
$\sigma_{\epsilon_{\lambda^x}}$	0.195	ocenjeno
$\sigma_{\epsilon_{\pi}}$	0.021	ocenjeno
$\sigma_{\epsilon_{g}}$	0.038	ocenjeno
$\rho_{\widetilde{z}}$	0.993	Adolfson et al. (2007)
$\sigma_{\epsilon_{\widetilde{z}}}$	0.203	Adolfson et al. (2007)
$\sigma_{\epsilon_{rr}}$	0.200	-
$\sigma_{\epsilon_{\pi^*}}$	0.168	ocenjeno
$\sigma_{\epsilon_{y^*}}$	0.173	ocenjeno
$\sigma_{\epsilon_{R^*}}$	0.084	ocenjeno

4 Reševanje modela

Osnovni model, kot je predstavljen zgoraj, je nelinearen in bi ga načeloma lahko rešili z numeričnimi metodami, katerih uspešnost pa je v modelu tolikšnega obsega vprašljiva. Zato je običajno v tovrstni analizi, da model aproksimiramo z razvitjem dinamike modela okrog ustaljenega stanja v Taylorjevo vrsto prvega reda, v kateri vrednosti spremenljivk izražamo kot odstotna odstopanja od ustaljenega stanja. Pri tem se moramo zavedati, da gre zgolj za aproksimacijo, ki je natančna za relativno majhna odstopanja od ustaljenega stanja.

Če vektor aproksimiranih endogenih spremenljivk označimo z X_t, vektor eksogenih spremenljivk pa z θ_t, lahko osnovni sistem enačb modela zapišemo kot

$$E_t \left\{ \alpha_0 X_{t+1} + \alpha_1 X_t + \alpha_2 X_{t-1} + \beta_0 \theta_{t+1} + \beta_1 \theta_t \right\} = 0.$$

Rešujemo ga z algoritmom, ki sta ga predstavila Anderson in Moore (1985), kar je tudi implementirano v programskem okolju Dynare, ki je bilo uporabljeno za reševanje in simulacijo tega modela. Predpostavka za proces eksogenih spremenljivk je, da sledijo avtoregresijskem procesu:

$$\theta_t = \rho\theta_{t-1} + \epsilon_t, \quad \epsilon_t \sim N(0, \Sigma).$$

Rešitev model lahko nato zapišemo kot

$$X_t = AX_{t-1} + B\theta_t,$$

katerega bistvo je, da tekoče vrednosti spremenljivk izraža kot funkcijo lastnih odlogov (predeterminirane spremenljivke) in tekočih vrednosti eksogenih spremenljivk. Na podlagi te rešitve lahko zapišemo model v prostoru stanj za vektor neopazljivih spremenljivk modela ξ_t :[2]

$$\xi_{t+1} = F_\xi \xi_t + \nu_{t+1}, \quad E\left(\nu_t' \nu_t\right) = Q,$$

observacijske enačbe pa so

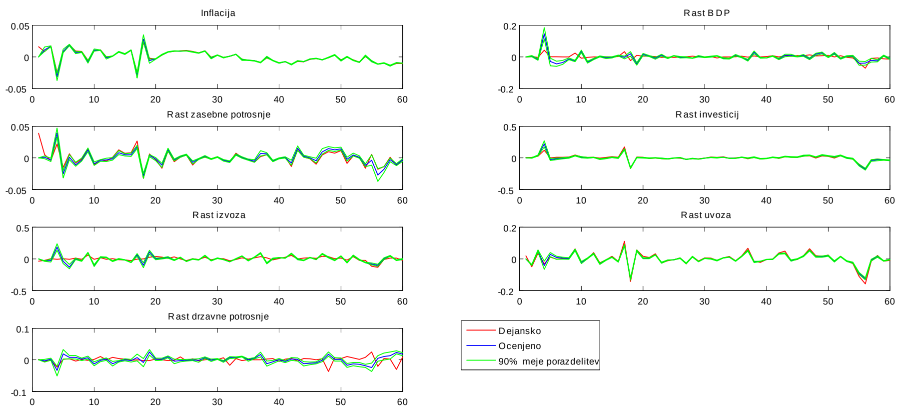
$$Y_t = A_z Z_t + H' \xi_t + \zeta_t,$$

kjer Y_t predstavlja vektor opazovanih spremenljivk, Z_t pa vektor eksogenih spremenljivk, merske napake ζ_t pa so normalno porazdeljene s sredino nič in variančno-kovariančno matriko $E_t\left\{\zeta_t \zeta_t'\right\} = R$. Na podlagi modela prostora stanj lahko uporabimo Kalmanov filter za oblikavanje funkcije verjetja modela, ki izraža porazdelitveno funkcijo opazljivih spremenljivk Y_t kot funkcijo parametrov modela in neopazljivih modelskih spremenljivk (Hamilton, 1994). Ta funkcija verjetja se uporablja pri ocenjevanju modela bodisi z metodo največjega verjetja bodi z Bayesianskimi metodami.

V sliki 1 je prikazano, kako se model z vrednostmi parametrov iz Tabele 1 prilega slovenskim podatkom o stopnjah rasti izdatkovnih komponent BDP in inflacije za obdobje 1995q2 - 2010q1. Pri tem so ocenjene vrednosti spremenljivk pridobljene z enostranskim Kalmanovim filtrom in, kot je običajno v dinamičnih modelih, predstavljajo napovedane vrednosti za eno obdobje naprej. Opažamo lahko zelo visoko stopnjo prileganja večine opazljivih podatkov, predvsem pa, da pri napovedovanju za eno četrtletje naprej model v veliki večini primerov pravilno napove obrate v ekonomski aktivnosti.[3] Manjšo natančnost lahko opazimo zgolj za rast izvoza in rast državne potrošnje. Slednje ne preseneča, saj je bila v modelu rast državnih izdatkov aproksimiran s fiskalnim pravilo, ki ga vlada v preteklosti ni uporabljala.

[2] Glede na to, da za praktično vse endogene spremenljivke ne ustrezajo merljivim spremenljivkam, ki jih objavlja uradna statistika, vektor ξ_t praviloma vsebuje vse endogene spremenljivke modela.

[3] V nadaljnjih fazah razvoja modela se bo nabor opazljivih spremenljivk razširil, kar bo omogočilo identifikacijo večjega števila parametrov v postopku ocenjevanja in s tem večjo stopnjo prileganja podatkom.



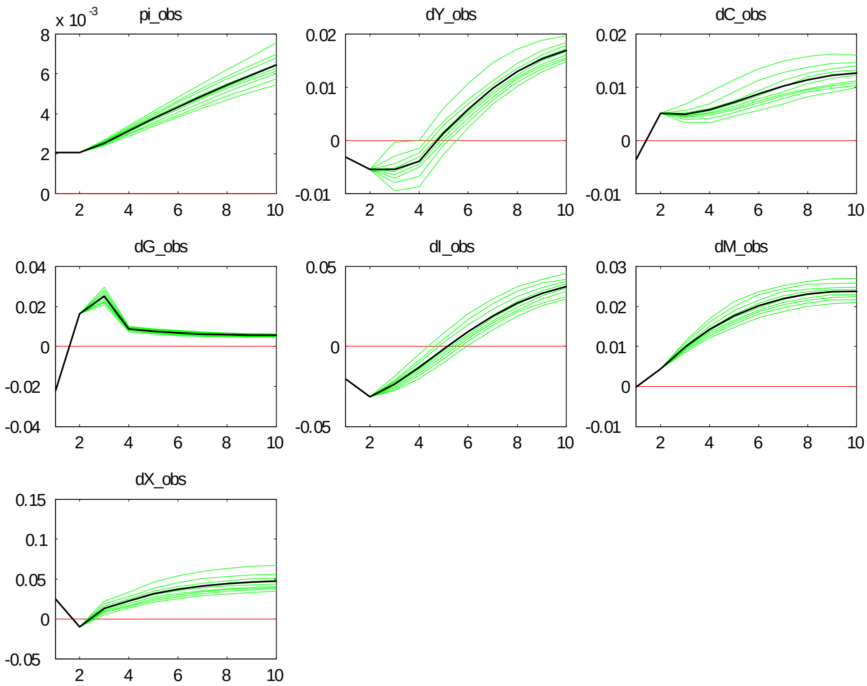
Slika 1: Dejanske in ocenjene vrednosti spremenljivk

5 Simulacija in uporaba modela

DSGE model je mogoče uporabljati za vse namene analize ekonomske politike, ki jih omogočajo klasični ekonometrični modeli, obenem pa je dodanih še nekaj funcionalnosti, ki jih klasični ekonometrični ekonometrični modeli ne omogočajo, izhajajo pa iz dejstva, da imamo opravka s pravim strukturnim modelom, v katerem so teoretično opredeljeni globoki strukturni parametri in strukturni eksogeni šoki.

5.1 Napovedovanje

Izhajajoč iz zadnjih merjenih vrednosti podatkov, ki jih imamo na voljo, je mogoče z DSGE modelom napovedovati bodočo dinamiko spremenljivk v klasičnem smislu. Vendar imajo te napovedi pred klasičnimi napovedmi pomembno prednost. V kolikor se (in praviloma je tako) DSGE model oceni z Bayasianskimi metodami, ki predspostavljajo, da parametri modela in merjeni strukturni šoki izhajajo iz nekih porazdelitev, ki se ocenijo s simulacijskimi metodami (Monte Carlo Markovske verige), potem je pogojno na te porazdelitve mogoče dobiti tudi porazdelitve napovedi spremenljivk. Namesto točkovnih napovedi in intervalov zaupanja okrog točkovnih napovedi spremenljivk, dobimo v Bayesianskem DSGE modelu napovedi, ki jim lahko pripišemo pripadajoče verjetnosti. Na primer, določim lahko interval rasti BDP, ki se bo zgodil s 50 odstotno verjetnostjo. V klasičnih ekonometričnih modelih to ni mogoče. V Sliki 2 je prikazan primer tovrstnih napovedi za preučevane spremenljivke izhajajoč iz zadnjih opazovanj, ki jih imamo na voljo za prvo četrtletje 2010. Napovedi so nareje za obdobje dveh let



Slika 2: Napovedi spremenljivk 2 leti naprej - osnova 2010q1

naprej, torej do 2012q1. Poleg povprečne simulirane napovedi (črna črta) je prikazana tudi porazdelitev napovedi, s skrajnima mejama 10. in 90. centila porazdelitve napovedi.

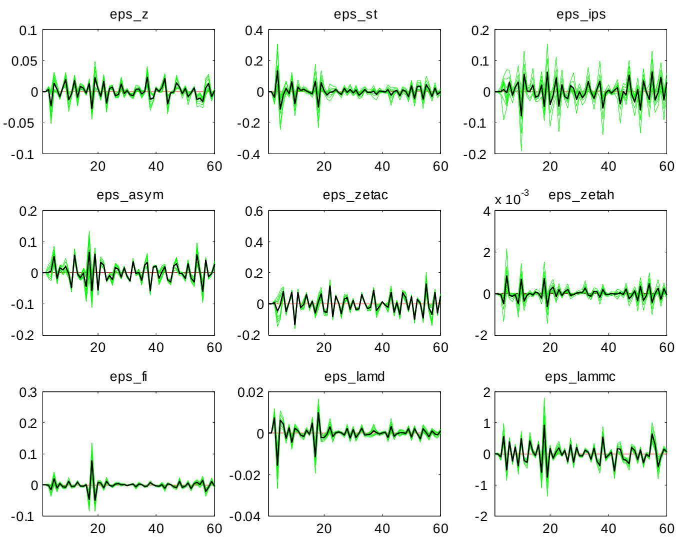
Oznake spremenljivk v slikah pomenijo naslednje:

- pi_obs - inflacijo merjena z BDP delfatorjem,
- dY_obs - rast realnega BDP,
- dC_obs - rast realne zasebne potrošnje,
- dG_obs - rast državne končne potrošnje,
- dI_obs - rast bruto investicij,
- dM_obs - rast realnega uvoza, in
- dX_obs - rast realnega izvoza.

5.2 Analiza strukturnih dejavnikov poslovnega cikla

V modelu dinamiko endogenih spremenljivk žene dolg nabor strukturnih šokov. Teh šokov je vsebinsko več vrst: permanentni produktivnostni šoki $\mu_{z,t}$, tranzitorni produktivnostni šoki ϵ_t, asimetrični produktivnostni šoki, $\epsilon_{\tilde{z},t}$, investicijski šoki $(\epsilon_{\Upsilon,t})$, šoki v preference gospodinjstev (ζ_t^c, ζ_t^L), šoki v mednarodno premijo za tveganje $(\epsilon_{\phi,t})$, cenovni šoki $(\epsilon_{\lambda^d,t}, \epsilon_{\lambda^{m,c},t}, \epsilon_{\lambda^{m,i},t}, \epsilon_{\lambda^X,t}$ in $\epsilon_{\pi,t})$, tuji šoki $(\epsilon_{y^*,t}, \epsilon_{\pi^*,t}$ in $\epsilon_{R^*,t})$ ter fiskalni šoki $(\epsilon_{g,t}$ in $\epsilon_{rr,t})$. Realizacije teh šokov je mogoče z modelom izluščiti iz dejanskih podatkov ter ugotoviti, kateri in kako prispeva k realizaciji tekočega ekonomskega dogajanja. Primer ocenjenih strukturnih šokov za slovensko gospodarstvo v obodbju 1995q1 - 2010q1 je podan v slikah 3 in 4.

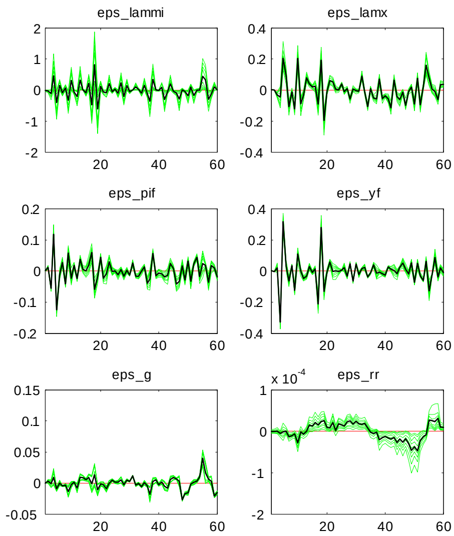
Poznavanje narave in velikosti šokov, ki trenutno določajo dinamiko gospodarstva je pomembno z vidika analize ekonomske politike, saj različni šoki zahtevajo različne odzive.



Slika 3: Ocenjene vrednosti šokov modela I

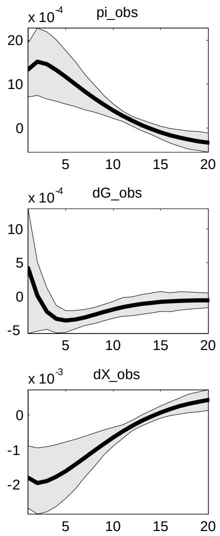
5.3 Impulzni odzivi

Parcialne vplive posameznih šokov na gospodarstvo je nujno poznati. Na ta način model ni več "črna škatla". To storimo s pomočjo t.i. impulznih odzivov. Impulzni odzivi na pokažejo kako realizavije posameznih šokov - impulzi, ki potisnejo gospodarstvo iz ravnovesja vplivajo na dinamiko endogenih spremenljivk v naslednjih ob-



Slika 4: Ocenjene vrednosti šokov modela II

dobjih. V bistvu, nam impulzni odzivi (na)povedo, kako bi se gospodarstvo gibalo po realizaciji posameznega šoka, ki ga opazimo, če gospodarstvo ne bi bilo podvženo nobenemu drugemu šoku. Spodaj so prikazani impulzni odzivi na strukturne šoke za slovensko gospodarstvo.



Slika 5: Impulzni odzivi na permanenten produktivnostni šok (ε_z)

Literatura

[1] Anderson, G. in G. Moore (1985), "A Linear Algebraic Procedure for Solving Linear Perfect Foresight Models", *Economic Letters* 17(3), 247-252.

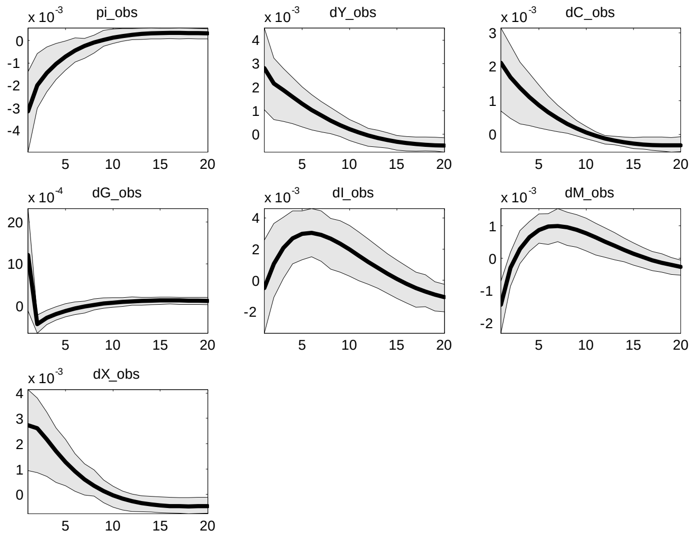
[2] Adolfson, M., Laseen, S., Linde, J. in M. Villani (2007), "Bayesian estimation of an open economy DSGE model with incomplete pass-through", *Journal of International Economics* 72 (2), 481-511.

[3] Altig, D., Christiano L., Eichenbaum, M. in J. Linde (2003), "Firm-Specific Capital, Nominal Rigidities and the Business Cycle", Working Paper No. 176, Sveriges Riksbank.

[4] Benigno, G. in P. Benigno (2003), "Price Stability in Open Economies", *Review of Economic Studies*, 70(4), 743-764.

[5] Calvo, G. (1983), ”Staggered Prices in a Utility Maximizing Framework”, Journal of Monetary Economics 12, 383-398.

[6] Christiano, L., Eichenbaum, M in C. Evans (2005), "Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy", *Journal of Political Economy* 113(1), 1-45.



Slika 6: Impulzni odzivi na tranzitoren produktivnostni šok (ε_ε)

[7] Erceg, C., Henderson, D. in A. Levin (2000), "Optimal Monetary Policy with Staggered Wage and Price Contracts", *Journal of Monetary Economics*, 46(2), 281-313.

[8] Jongen, Egbert L. W. (2004), "An Analysis of Past and Future GDP Growth in Slovenia", IMAD Working Paper 03/2004.

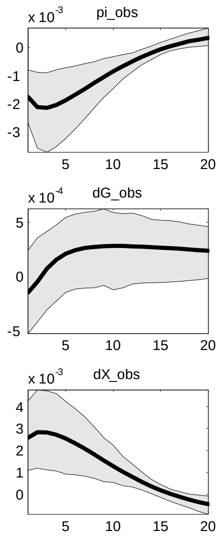
[9] Masten, I. (2008), “Optimal Policy in Presence of Balassa-Samuelson-type Productivity Shocks”, *Journal of Comparative Economics*, 36(1).

[10] Schmitt-Grohe, S. in M. Uribe (2003), Člosing Small Open Economy Models", *Journal of International Economics*, 61, 163-185.Smets, F. and Wouters, R. (2002), ”Openness, imperfect exchange rate pass-through and monetary policy”, Journal of Monetary Economics 49, 947-981.

[11] Smets, F. in R. Wouters (2003), "An Estimated Stochastic Dynamic General Equilibrium Model of the Euro Area", Working Paper No. 171, Evropska centralna banka.

[12] Svensson, L. E. O (2000), ”Open-Economy Inflation Targeting”, Journal of International Economics, 50, 155-183.

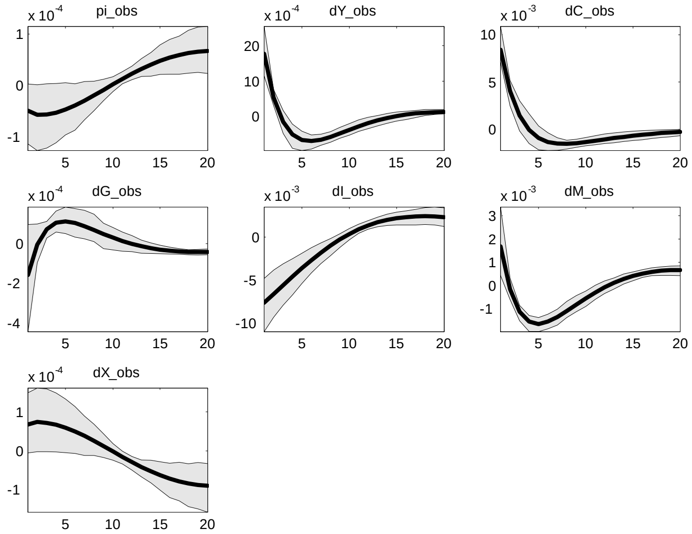
[13] Svensson, L. E. O. and Woodfrod, M. (2002), ” Implementing Optimal Policy through Inflation-Forecast Targeting”, mimeo, Princeton University.



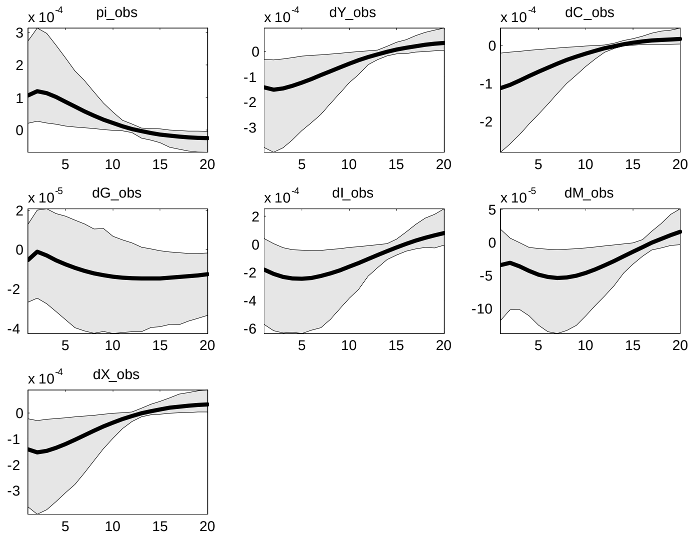
Slika 7: Impulzni odzivi na šok v investicijske stroške (ε_Υ)

[14] Woodford, M. (1996), "Control of the Public Debt: A Requirement for Price Stability", NBER Working Paper No. 5684.

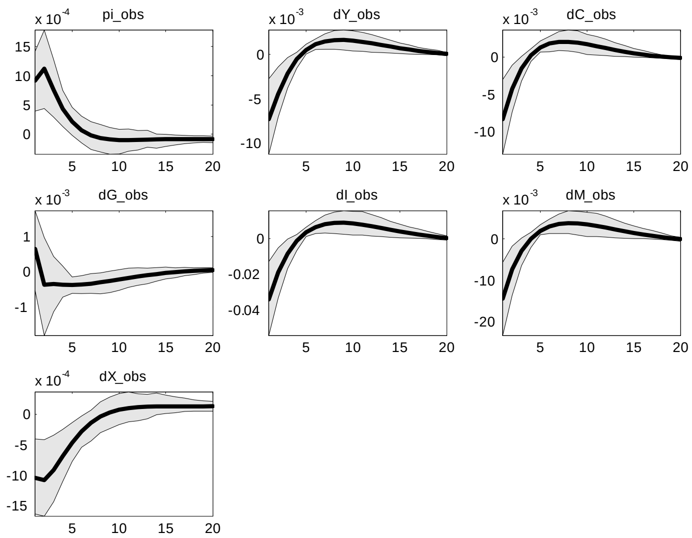
[15] Woodford, M. (2003), Interest and Prices, Princeton University Press, New Jersey.



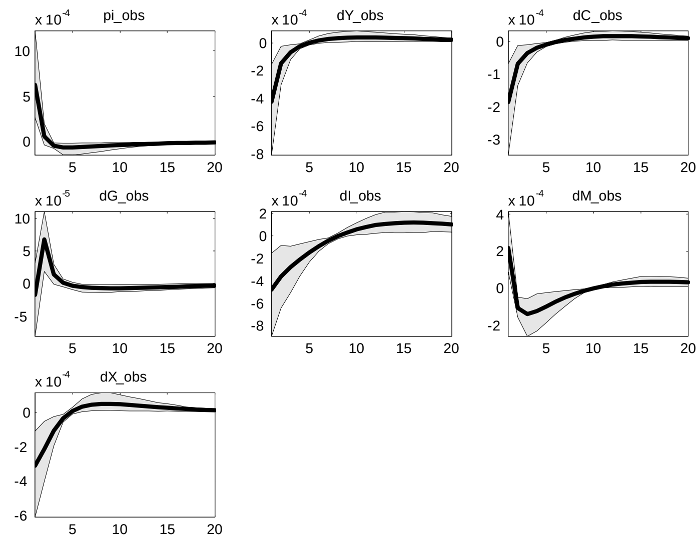
Slika 8: Impulzni odzivi na potrošni šok (nepotrpežljivost pri potrošnji) (ε_{ζ^c})



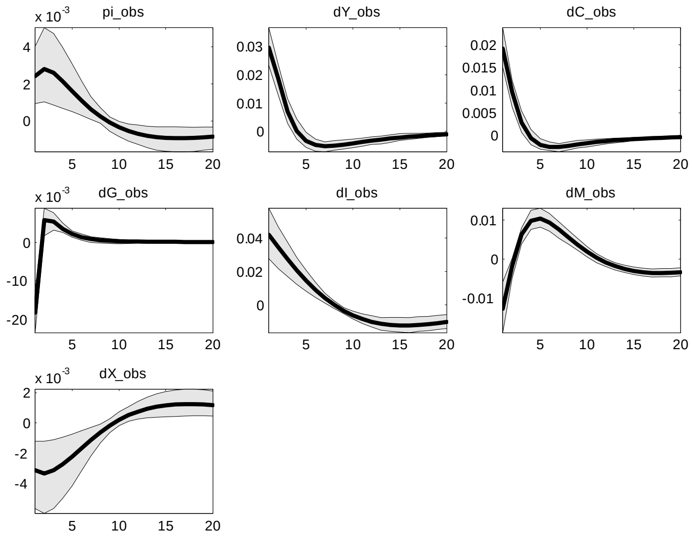
Slika 9: Impulzni odzivi na negativni šok v ponudbo dela (ε_{ζ^L})



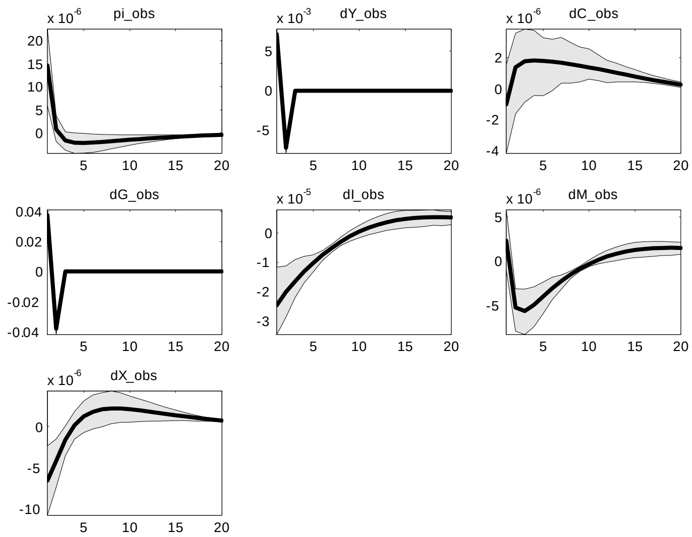
Slika 10: Impulzni odzivi na finančni šok (višja eksterna premija za tveganje) (ε_{ϕ})



Slika 11: Impulzni odzivi na cenovni šok v domačem gospodarstvu (višja monopolna moč) (ε_{λ^d})



Slika 12: Impulzni odzivi na cenovni šok v uvoznem sektorju ($\varepsilon_{\lambda^{m,c}}$)



Slika 13: Impulzni odzivi na fiskalni šok (ε_g)