

GINTERS BUŠS

PĒTĪJUMS
2 / 2014

FINANŠU FRIKCIJAS LATVIJAS DSGE MODELĪ



SATURS

Kopsavilkums	2
Ievads	3
1. Īss modeļa apraksts	4
1.1. Bāzes modelis	4
1.2. Finanšu frikciju modelis	5
2. Novērtējums	5
2.1. Kalibrēšana	5
2.2. Apriorie parametri	8
2.3. Dati	8
2.4. Šoki un mērījuma kļūdas	8
3. Rezultāti	9
3.1. Aposterioro parametru vērtības	9
3.2. Modeļa momenti un dispersijas dekompozīcija	12
3.3. Impulsu reakcijas funkcija	18
3.4. Gludinātas šoka vērtības un vēsturiskā dekompozīcija	22
3.5. Prognozēšanas sniegums	29
4. Secinājumi	33
Pielikumi	34
Literatūra	84

SAĪSINĀJUMI

ABP – uz gadu attiecināti bāzes punkti (*annualised basis points*)
AR(1) – pirmās kārtas autoregresija
BGG – Bernanke, Džertlers un Džilkristis
CTW – Kristiāno, Trābants un Valentīns
DSGE – dinamiskais stohastiskais vispārējais līdzsvars (*dynamic stochastic general equilibrium*)
ECFIN – Eiropas Komisijas Ekonomikas un finanšu lietu ģenerāldirektorāts
fīn. frikc. – finanšu frikcija
HPD – augstākais aposteriorais blīvums (*highest posterior density*)
i.i.d. – neatkarīgs un identiski sadalīts (*independent and identically distributed*)
IRF – impulsu reakcijas funkcija
līm. nov. – līmeņa novirze
MAE – vidējā absolūtā kļūda (*mean absolute error*)
MEI – investīciju robežefektivitāte (*marginal efficiency of investment*)
nov. – novirze (*deviation*)
PCI – patēriņa cenu indekss
PKN – pirmās kārtas nosacījums
RMSE – kvadrātsakne no vidējās kvadrātiskās kļūdas (*root mean squared error*)
SVAR – strukturālā vektoru autoregresija
wiiw – *Vienna Institute for International Economic Studies*

KOPSAVILKUMS

Šajā pētījumā izstrādāts Latvijas DSGE modelis, kuru Latvijas Banka var izmantot monetārās politikas analīzē un prognozēšanas procesā. Darbā izmantots L. Dž. Kristiāno (*L. J. Christiano*), M. Trābanta (*M. Trabandt*) un K. Valentīna (*K. Walentin*) (5) izveidotais DSGE modelis ar finanšu frikcijām; tas piemērots Latvijas datiem un novērtēti tā parametri, kā arī veikta izpēte, vai, pievienojot finanšu frikciju bloku citādi identiskam (bāzes) modelim, tiek iegūts uzlabojums. Pētījumā izteikti šādi galvenie secinājumi: 1) finanšu frikciju bloka iesaistīšana sniedz precīzāku ekonomiskās aktivitātes virzītāju interpretāciju un pieļauj to lomas skaidrojuma maiņu; 2) finanšu frikciju nozīme 2008. gada recesijā Latvijā bija būtiska; 3) PCI inflācijas un IKP prognozēšanā modelis ar finanšu frikcijām ir precīzāks par bāzes modeli un gadījuma klejošanas (*random walk*) modeli un sniedz aptuveni līdzīgu precizitāti kā Beijesa (*Bayes*) SVAR modelis.

Atslēgvārdi: DSGE modelis, finanšu frikcijas, maza valsts ar atvērtu tautsaimniecību, novērtējums ar Beijesa pieeju, valūtas savienība

JEL kodi: E0, E3, F0, F4, G0, G1

Autors pateicas Viktoram Ajevskim, Rūdfam Bēmam, Konstantīnam Beņkovskim, Mārtiņam Bitānam, Dmitrijam Kuļikovam un Karlam Valentīnam par komentāriem. Tāpat autors pateicas Andrejam Kurbatskim un vairākiem citiem kolēģiem Latvijas Bankā par palīdzību datu iegūšanā. Par iespējamām atlikušajām neprecizitātēm atbildīgs ir pats autors. Autors augstu novērtē iespēju izmantot L. Kristiāno, M. Trābanta un K. Valentīna modeļa programmas kodu.

Šis pētījums publicēts, lai informētu interesentus par izpētes rezultātiem un veicinātu diskusiju. Pētījumā izteiktie secinājumi atspoguļo autora – Latvijas Bankas Monetārās politikas pārvaldes darbinieka – viedokli, un autors uzņemas atbildību par iespējamām pieļautajām neprecizitātēm.

IEVADS

Šajā pētījumā izveidots Latvijas DSGE modelis, kuru Latvijas Banka varētu izmantot monetārās politikas analīzē un prognozēšanas procesā, jo esošajam makroekonomikas pamatmodelim trūkst mikroekonomikas pamatojuma. Arī nesēnā finanšu krīze liecināja, ka ekonomiskās attīstības cikla modelēšanā nevajadzētu izvairīties no finanšu faktoriem, tāpēc finanšu frikciju modelēšana tiek uzskatīta par nepieciešamu.

Tāpēc par sākumpunktu izvēlēts L. Dž. Kristiāno, M. Trābanta un K. Valentīna (tālāk tekstā – CTW; (5)) modelis ar finanšu frikcijām (tālāk tekstā – finanšu frikciju modelis). Lai novērtētu, kāda ietekme ir finanšu frikciju mehānisma iekļaušanai DSGE modelī, visā pētījumā modeļa rezultāti salīdzināti ar citādi identisku bāzes modeli bez finanšu frikcijām. Bāzes modelis ir atvērtas tautsaimniecības standartmodelis, kas pamatojas uz L. Dž. Kristiāno, M. Eihenbauma (*M. Eichenbaum*) un Č. L. Evansa (*Ch. L. Evans*) (4), kā arī M. Ādolfsones (*M. Adolfson*), S. Lasēna (*S. Laséen*), J. Lindē (*J. Lindé*) un M. Vilāni (*M. Villani*) (2) pētījumu rezultātiem. Finanšu frikciju modelis veidots, bāzes modelī iekļaujot B. Bernankes (*B. Bernanke*), M. Džertlera (*M. Gertler*) un S. Džilkrista (*S. Gilchrist*) (tālāk tekstā – BGG; (3)) finanšu akseleratora mehānismu (*financial accelerator mechanism*).

Attiecībā uz monetāro politiku CTW modelis pārveidots, jo kopš 2005. gada Latvijas nacionālā valūta bija piesaistīta eiro, bet 2014. gadā, kad Latvija pievienojās eiro zonai, tika ieviests eiro, tāpēc monetārā politika modelēta kā nominālās procentu likmes piesaiste ārvalstu procentu likmei. Ārvalsts tautsaimniecība modelēta kā SVAR ārvalstu produkcijas izlaides, nominālo procentu likmju un tehnoloģiju izaugsmē.

Iegūti šādi rezultāti: 1) finanšu frikciju bloka iesaistīšana nodrošina labvēlīgāku ekonomiskās aktivitātes virzītāju interpretāciju un pieļauj to lomas skaidrojuma maiņu; 2) finanšu frikciju nozīme 2008. gada recesijā Latvijā bija būtiska; 3) PCI inflācijas un IKP prognozēšanā finanšu frikciju modelis ir precīzāks par bāzes modeli, gadījuma klejošanas modeli un sniedz līdzīgu precizitāti kā SVAR modelis.

Pētījums strukturēts šādi. Modeļa apraksts sniegts 1. nodaļā. Novērtēšanas procedūra aplūkota 2. nodaļā, bet tās rezultāti sniegti 3. nodaļā. Secinājumi ietverti 4. nodaļā. Papildu aprēķini atspoguļoti A pielikumā. Detalizēts modeļa apraksts sniegts B un C pielikumā.

1. ĪSS MODEĻA APRAKSTS

Tā kā pētījuma modelis gandrīz reproducē CTW modeli (5), šī nodaļa sniedz īsas ievadziņas par modeli, bet tā formālais izklāsts rodams B pielikumā. Lielākā atšķirība starp CTW modeli un šajā pētījumā aplūkoto modeli ir monetārās iestādes rīcība, kas šajā darbā modelēta kā procentu likmes piesaiste un fiksēts valūtas kurss.

1.1. Bāzes modelis

Bāzes modelis pamatojas uz L. Dž. Kristiāno, M. Eihenbauma un Č. L. Evansa (4), kā arī M. Ādolfsones, S. Lasēna, J. Lindē un M. Vilāni (2) pētījumu rezultātiem. Trīs galapreces – patēriņu, investīcijas un eksportu – iegūst, apvienojot iekšzemē ražotu homogēnu preci ar specifiskām importētām izejvielām, kas nepieciešamas katram galapreces veidam. Specializēti iekšzemes importētāji iegādājas homogēnu ārvalstu preci, kuru tie pārvērš par specializētu izejvielu un pārdod iekšzemes importa mazumtirgotājiem. Ir triju veidu importa mazumtirgotāji. Vieni lieto šīs specializētās preces, lai radītu tādu homogēnu preci, ko izmanto kā izejvielu specializētas eksporta produkcijas ražošanā. Otri lieto šīs specializētās importa preces, lai radītu izejvielas, ko izmanto investīciju preču ražošanā. Trešie lieto specializētās importa preces, lai ražotu homogēnas izejvielas, ko izmanto patēriņa preču ražošanā. Eksportā iesaistās Diksita–Štiglica (*A. K. Dixit; J. E. Stiglitz*) (6) eksportētāju kopums, kurā katrs ir monopolists, kas ražo kādu specializētu eksporta preci. Tās ražošanā katrs monopolists lieto homogēnu iekšzemē ražotu preci un importējot iegūtu homogēnu preci. Homogēno iekšzemes preci ražo konkurētspējīgs reprezentatīvs uzņēmums. Iekšzemē ražoto preci sadala starp 1) valdības patēriņu (ko pilnībā veido iekšzemes preces), 2) patēriņa preču ražošanu, 3) investīcijas preču ražošanu un 4) eksporta preču ražošanu. Daļa no iekšzemes preces tiek zaudēta sakarā ar modeļa tautsaimniecības reālajām frikcijām, kas rodas investīciju korekciju un kapitāla izmantošanas izmaksu rezultātā. Mājsaimniecības maksimizē gaidīto derīgumu no diskontētās patēriņa (kas atkarīgs no paradumiem) plūsmas un nostrādāto stundu skaita. Bāzes modelī tautsaimniecības fiziskais kapitāls pieder mājsaimniecībām. Tās nosaka gan kapitāla uzkrājumu, gan kapitāla izmantošanas līmeni. Mājsaimniecībām pieder arī tūrie ārējie aktīvi, un tās nosaka uzkrājumu līmeni.

Monetārā politika tiek īstenota, stingri piesaistot iekšzemes nominālo procentu likmi ārvalstu nominālajai procentu likmei¹. Valdības izdevumi mainās eksogēni. Modeļa tautsaimniecībā ir šādi nodokļi: kapitāla, algas, patēriņa, darba ienākumu un obligāciju ienākumu nodoklis. Jebkādu valdības izdevumu un nodokļu ieņēmumu starpību kompensē vienreizēji pārvedumi. Ārvalstu tautsaimniecību modelē kā Beijesa SVAR ārvalstu produkcijas izlaides, nominālo procentu likmju un tehnoloģiju izaugsmē. Modeļa tautsaimniecībai raksturīgi divi eksogēnās izaugsmes avoti – neitrālu tehnoloģiju izaugsme un investīcijām piemērotu (specifisku) tehnoloģiju izaugsme.

¹ Tika pētīts arī vispārinātais Teilora (*Taylor*) likums, kas saturēja ārvalstu procentu likmi un nominālo valūtas kursu, tomēr apjoma ierobežojuma dēļ rezultāti šajā pētījumā nav sniegti. Secinājums īsumā ir tāds, ka piesaistes režīms ir Latvijas datiem atbilstošāks.

1.2. Finanšu frikciju modelis

Tālāk pētījumā sniegts īss modeļa kopsavilkums, detalizētu aprakstu iekļaujot B pielikumā. Veidojot finanšu frikciju modeli, jau raksturotais bāzes modelis papildināts ar BGG (3) finanšu frikcijām. Finanšu frikcijas paredz, ka aizņēmēji un aizdevēji ir dažādi cilvēki ar atšķirīgu informētības līmeni. Modelī tiek ieviesti uzņēmēji jeb tautsaimniecības dalībnieki, kuriem ir īpašas iemaņas darbībās ar kapitālu un tā pārvaldībā. Darbojoties ar kapitālu, tiem ir prasme optimāli rīkoties ar kapitāla apjomu, kas lielāks par pašu resursiem, aizņemoties papildu līdzekļus. Rodas finanšu frikcijas, jo kapitāla pārvaldīšana ir riskanta, t.i., uzņēmējs var bankrotēt, un tikai paši uzņēmēji bez papildu izdevumiem novēro viņu idiosinkrātisko produktivitāti. Pētījumā piedāvātajā modelī mājsaimniecības veic naudas noguldījumus bankās. Procentu maksājumi, ko saņem mājsaimniecības, nomināli ir no stāvokļa neatkarīgi (*non state-contingent*).² Bankas tālāk līdzekļus aizdod uzņēmējiem, balstoties uz standarta nomināla aizdevuma (parāda) līgumu, kas, ņemot vērā asimetrisko informāciju, ir optimāls.³ Summa, kuru bankas ir gatavas aizdot kādam uzņēmējam, slēdzot aizdevuma līgumu, ir attiecīgā uzņēmēja tīrās vērtības funkcija. Tādējādi modeli papildina bilances ierobežojumi. Ja tiek piedzīvots šoks, kas samazina uzņēmēja aktīvu vērtību, aizņemšanās iespējas pasliktinās. Rezultātā uzņēmēji saņem mazāku kapitāla apjomu, sarūk investīcijas un sākas ekonomiskā lejupslīde. Lai gan atsevišķi uzņēmēji ir pakļauti riskam, bankas nav riskantas.

Finanšu frikciju bloks ievieš divus jaunus endogēnos rādītājus, un viens no tiem saistīts ar uzņēmēju maksāto procentu likmi, bet otrs – ar uzņēmēju tīro vērtību. Ir arī divi jauni šoki – viens skar idiosinkrātisko nenoteiktību, bet otrs ietekmē uzņēmēju bagātību.

Detalizēts bāzes modeļa un finanšu frikciju modeļa apraksts sniegts B pielikumā.

2. NOVĒRTĒJUMS

Gan bāzes, gan finanšu frikciju modeli novērtē ar Beijesa metodi. Modeļa līdzsvara nosacījumi sniegti C pielikumā.

2.1. Kalibrēšana

Izvēlētā laika vienība ir viens ceturksnis. Veic modeļa parametru apakškopu kalibrēšanu, un pārējo novērtē, izmantojot Latvijas un eiro zonas datus. Kalibrētās vērtības sniegtas 1. un 2. tabulā. Tie ir parametri, kuru kalibrēšanu parasti apraksta literatūrā un kuri attiecas uz t.s. lielajiem īpatsvaram un citiem novērojamiem lielumiem saistībā ar stabili līdzsvara stāvokli. Izvēlētas pieejamajiem datiem specifiskas parametru vērtības. Kad iespējams, izmantotas izlases vidējās vērtības. Diskonta faktors β un obligāciju ienākuma nodokļa likme τ_b kalibrēti tā, lai

² I. Fišers (*I. Fisher*) (8) uzsver, ka šādi nomināla parāda līgumi rada neparedzētu cenu līmeņa pārmaiņu ietekmi uz bagātību. Piemēram, šoka, kas pazemina cenu līmeni, gadījumā mājsaimniecības saņem bagātības pārvedumu. Šo bagātību saņem no uzņēmējiem, tādējādi samazinās to tīrā vērtība. Tā kā uzņēmēju bilances pasliktinās, pasliktinās arī uzņēmēju investēšanas iespējas, un tas rada ekonomisko lejupslīdi.

³ Tas nozīmē, ka līdzsvara parāda līgums maksimizē gaidāmo uzņēmēja bagātību atkarībā no nulles peļņas nosacījuma bankām un peļņu mājsaimniecībām no noguldījumiem bankās.

aptuveni atbilstu eiro zonas izlases vidējai reālajai procentu likmei. Kapitāla daļas α vērtība kalibrēta 0.4.

1. tabula

Kalibrētie parametri

Parametrs	Vērtība	Apraksts
α	0.400	Kapitāla daļa ražošanā
β	0.995	Diskonta faktors
ω_c	0.450	Importa daļa patēriņa precēs
ω_i	0.650	Importa daļa investīciju precēs
ω_x	0.550	Importa daļa eksporta precēs
$\bar{\Phi}_a$	0.010	Valsts riska elastība attiecībā pret tīro aktīvu pozīciju
η_g	0.202	Valdības izdevumu daļa IKP
τ_k	0.100	Kapitāla nodokļa likme
τ_w	0.330	Algas nodokļa likme
τ_c	0.180	Patēriņa nodokļa likme
τ_y	0.300	Darba ienākumu nodokļa likme
τ_b	0.000	Obligāciju ienākumu nodokļa likme
μ_z	1.005	Neitrālas tehnoloģijas pieauguma temps stabila līdzsvara stāvoklī
μ_ψ	1	Investīciju tehnoloģijas pieauguma temps stabila līdzsvara stāvoklī
$\bar{\pi}$	1.005	Inflācijas kāpuma temps stabila līdzsvara stāvoklī
λ_w	1.500	Algu uzcenojums
$\lambda_{d,m,c,m,i}$	1.300	Uzcenojums iekšzemes preču, importēto patēriņa un investīciju preču cenām
$\lambda_{x,m,x}$	1.200	Uzcenojums eksportam un importētajām eksporta precēm
ϑ_w	1.000	Algu indeksācija atbilstoši reālajai kāpuma tendencei
\hat{u}^j	$1 - \kappa^j$	$j = d; x; m; c; m; i; m; x; w$ indeksācija atbilstoši inflācijas mērķim
$\bar{\pi}$	1.005	Trešā indeksācijas bāze
$\bar{\Phi}_s$	0	Valsts riska korekcijas koeficients
Finanšu frikciju modelis		
$F(\bar{\omega})$	0.020	Bankrota īpatsvars stabila līdzsvara stāvoklī
$100W_e/y$	0.100	Pārvedumi uzņēmējiem

Pēc ielaides un izlaides tabulu izpētes un konsultācijām ar citiem ekonomistiem importa daļām noteiktas aptuvenas vērtības (45%, 65% un 55% importa daļa attiecīgi patēriņa, investīciju un eksporta precēs).⁴ Valdības izdevumu daļa IKP atbilst izlases vidējai vērtībai (20.2%). Neitrālas tehnoloģijas un inflācijas pieauguma gada temps stabilā līdzsvara stāvoklī ir 2% un atbilst eiro zonas rādītājiem, bet investīcijām specifiskas tehnoloģijas pieauguma temps stabilā līdzsvara stāvoklī ir nulle. Ceturkšņa bankrota īpatsvars stabilā līdzsvara stāvoklī kalibrējot paaugstināts līdz 2% (CTW modelī, kurā izmantoti Zviedrijas dati, tas ir 1%). Uzcenojuma vērtības noteiktas atbilstoši literatūrā atrodamajām raksturīgajām vērtībām, kas eksportam un importētajam eksportam ir 1.2, bet iekšzemes un importētajam patēriņam, kā arī importētajām investīcijām, kuras veicina modeļa

⁴ Pētot literatūru par starptautisko tirdzniecību, importa daļa eksportā var šķist pārāk liela. Piemēram, R. Štēra (R. Stehrer) pētījuma (10) rezultāti (no pievienotās vērtības aspekta) liecina, ka tā ir tuvāk 30%. Šāda kalibrēšana modeļa rezultātus īpaši nemainītu, tikai norādītu uz nedaudz sliktāku modeļa piemērotību esošajiem datiem marginālā datu blīvuma izteiksmē.

piemērotība datu robežblīvuma izteiksmē⁵, tā ir 1.3. Tāpat kā CTW algu paaugstinājuma rādītājs noteikts 1.5.

Veikta pilna algu indeksācija atbilstoši reālam kāpumam stabilā līdzsvara stāvoklī $\vartheta_w = 1$. Noteikti tādi pārējie indeksācijas parametri, lai notiktu pilna indeksācija un tādējādi, līdzīgi kā CTW, varētu izvairīties no cenu un algu dispersijas stabilā līdzsvara stāvoklī. Nodokļu likmju kalibrēšana veikta, lai tās izteiktu implicētās vai efektīvās likmes. Triju likmju kalibrēšanā izmantoti Eurostat dati⁶: kapitāla ienākuma nodokļa likme noteikta 0.1, bet pievienotās vērtības nodoklis patēriņam τ^c un iedzīvotāju ienākuma nodoklis, ko piemēro darbam τ^y , ir $\tau^c = 0.18$ un $\tau^y = 0.3$. Algu nodoklis kalibrēts $\tau^w = 0.33$, t.i., samazināts no oficiālās likmes 0.35 (0.24 darba devēja un 0.11 darba ņēmēja daļa). Valsts riska elastība attiecībā pret tīro aktīvu pozīciju $\tilde{\Phi}_a$ kalibrēta kā mazs pozitīvs skaitlis, un tādā amplitūdā tās uzdevums ir noteikt tīro ārvalstu aktīvu pozīcijas stabila līdzsvara stāvokli. Uzņēmēju pārvedumu parametrs W_e/y saglabāts tāds pats kā CTW pētījumos. Lai piesaistītu nominālo procentu likmi, valsts riska korekcijas koeficients atbilstoši nenodrošinātas procentu likmes paritātes nosacījumam ir nulle.

2. tabula

Saskaņotie momenti (*matched moments*) un atbilstošie parametri

	Parametru apraksts	Vidējie aposteriorie parametri		Moments	Momenta vērtība
		bāze	fin. frikc.		
δ	Kapitāla amortizācija	0.03	0.03	$p_i i/y$	0.255
$\tilde{\varphi}$	Reālais valūtas kurss	2.16	2.02	$SP^x X/(PY)$	0.462
A_L	Mēroga parametrs darba preferencēm	16.86	24.46	$L\zeta$	0.270
γ	Uzņēmēju izdzīvošanas likme		0.96	$n/(p_k, k)$	0.600

Piezīme. Kalibrēts 3% kapitāla amortizācijas ceturkšņa temps.

Izvēlēti trīs novērojami rādītāji, kas katrā novērtējuma iterācijā precīzi salīdzināti, tāpēc katrai parametru kopai kalibrēti trīs atbilstošie parametri: stabila līdzsvara stāvokļa reālais valūtas kurss $\tilde{\varphi}$ (lai panāktu IKP eksporta daļas atbilstību datus), mēroga parametrs darba preferencēm A_L (lai noteiktu laiku, ko cilvēki pavada strādājot⁷) un uzņēmēju izdzīvošanas likme γ (lai nodrošinātu tīrās vērtības atbilstību aktīvu īpatsvaram)⁸. Iepriekšējos kalibrēšanas posmos arī kapitāla amortizācijas rādītājs δ tika izvēlēts tā, lai atbilstu investīciju īpatsvaram izlaidē, tomēr iegūtā amortizācijas tempa vērtība izrādījās samērā augsta (ja vien kapitāla daļa ražošanā α netika būtiski palielināta, kas savukārt pārāk paaugstināja kapitāla

⁵ Šajā pētījumā, ja vien nav norādīts citādi, modeļa atbilstība nozīmē datu robežblīvuma un prognozēšanas sniegumu.

⁶ Avots: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_PUBLIC/2-29042013-CP/EN/2-29042013-CP-EN.PDF, skatīts 2013. gada 6. septembrī.

⁷ Lai gan šī līdz 0.27 kalibrētā laika perioda daļa izvēlēta nedaudz patvaļīgi, tās atbilstība modelim pārbaudīta attiecībā uz blakusvērtībām.

⁸ Tīrās vērtības un aktīvu attiecība Latvijai, izmantojot CTW definīciju, ir aptuveni 0.15. Tomēr modeļa atbilstība ir par labu daudz lielākam rādītājam – 0.6, kas izmantots kalibrēšanas beigu posmā. Minēto skaitli var racionalizēt, ja tīrās vērtības aprēķinā iekļauj ne tikai akciju cenas indeksu, bet arī nekustamā īpašuma vērtību.

īpatsvaru izlaidē) un atkarīga no sākotnējām vērtībām, tāpēc tika izvēlēta saprātīgāka ceturkšņa amortizācijas tempa vērtība (3%).

2.2. Apriorie parametri

Pētījumā izmantots 21 strukturāls parametrs, astoņi AR(1) koeficienti, 16 SVAR parametru ārvalsts tautsaimniecībai un 16 šoka standartnoviržu, kas novērtētas ar Beijesa metodi *Matlab/Dynare* vidē (S. Adžemjans (*S. Adjemian*), H. Bastani (*H. Bastani*), M. Žilārs (*M. Juillard*) u.c. (1)). Apriorie parametri sniegti 3.–6. tabulā. Tie ir līdzīgi CTW parametriem. Mazāk agnosticiski apriorie parametri izmantoti ārvalstu tautsaimniecības SVAR modelī, jo dati nepilnīgi identificē ārvalstu monetāro politiku⁹. Novērtēto standartnoviržu vidējie apriorie parametri noteikti tuvāk to aposteriorajām vērtībām, un parametri un šoka standartnovirzes mērogotas, lai to kārtas lielums būtu līdzīgs (lai veicinātu optimizāciju).

2.3. Dati

Modelis novērtēts, izmantojot Latvijas (iekšzemes reģions) un eiro zonas (ārējais reģions) datus. Aplūkots izlases periods no 1995. gada 1. ceturkšņa līdz 2012. gada 4. ceturksnim. Lai novērtētu finanšu frikciju modeli, izmantots 18 novērojamo datu laikrindu, bet bāzes modeļa novērtējumā to ir par divām mazāk. Līmeņos izmantotie rādītāji ir nominālā procentu likme, IKP deflatora inflācija, PCI inflācija, investīciju cenu indeksa inflācija, ārējā reģiona PCI inflācija, ārējā reģiona nominālā procentu likme un procentu likmju starpība. Pārējie rādītāji izteikti kā logaritma pirmās starpības, un tie ir IKP, privātais patēriņš, investīcijas, eksports, imports, valdības izdevumi, reālā alga, reālais valūtas kurss, reālais akciju cenu indekss, kopējais nostrādāto stundu skaits un ārējā reģiona IKP. Visi diferencētie rādītāji, izņemot kopējo nostrādāto stundu skaitu, ir vidējoti. Tāpat vidējoti iekšzemes reģiona inflācijas līmeņa un reālā valūtas kursa rādītāji. Visi reālie lielumi sniegti izteiksmē uz vienu iedzīvotāju.

2.4. Šoki un mērījuma kļūdas

Teorētiskajā finanšu frikciju modelī kopumā ir 18 eksogēno stohastisko rādītāju. No tiem četri ir tehnoloģiju šoki (stacionāras neitrālas tehnoloģijas ε , stacionāras investīciju robežefektivitātes Υ , vienības saknes neitrālas tehnoloģijas μ_z un vienības saknes investīcijām piemērotas (specifiskas) tehnoloģijas μ_ψ šoki), viens patēriņa preferenču ζ^c šoks, viens darba preferenču ζ^h šoks, valdības izdevumu šoks g un valsts riska prēmijas šoks $\tilde{\Phi}$, kas ietekmē ārvalstu aktīvu relatīvo risku salīdzinājumā ar iekšzemes aktīvu risku. Iekļauti pieci uzcenojuma šoki – pa vienam šokam katram starppatēriņa preču veidam τ^d , τ^x , $\tau^{m,c}$, $\tau^{m,i}$, $\tau^{m,x}$ (d – iekšzemes, x – eksporta, m, c – importētā patēriņa, m, i – importēto investīciju, m, x – importētā eksporta). Finanšu frikciju modelī ir vēl divi šoki – idiosinkrātiskās nenoteiktības

⁹ Neoficiāli rezultāti apstiprina šo apgalvojumu neatkarīgi no novērtējumā izmantotās izlases aptvēruma un tā, vai ārvalstu reģiona un iekšzemes reģiona bloks ir vai nav novērtēti atsevišķi. Turklāt ārvalstu PCI inflācijas izmantošana IKP deflatora inflācijas vietā (to izmanto CTW) uzlabo ārvalstu monetārās politikas identificēšanu tikai nedaudz. Tāpēc rezultātus, kas iegūti, balstoties uz ārvalstu monetāro politiku, vajadzētu vērtēt piesardzīgi. Iespējams, ka, aizvietojojt ārvalstu strukturālo VAR ar pilnvērtīgu ārvalstu DSGE bloku, var panākt uzlabojumu, tomēr šajā pētījumā tas nav aplūkots.

šoks σ un uzņēmēju bagātības šoks γ . Turklāt iekļauts arī katra novērotā ārvalstu rādītāja – ārvalstu IKP y^* , ārvalstu inflācijas π^* un ārvalstu nominālās procentu likmes R^* – šoks.

Eksogēno rādītāju stohastiskā struktūra ir šāda. Astoņi rādītāji veidoti atbilstoši AR(1) procesiem:

$$\varepsilon_t, \gamma_t, \zeta_t^c, \zeta_t^h, g_t, \tilde{\Phi}_t, \sigma_t, \gamma_t.$$

Pieci šoku procesi raksturoti kā i.i.d.:

$$\tau_t^d, \tau_t^x, \tau_t^{m,c}, \tau_t^{m,i}, \tau_t^{m,x},$$

savukārt vēl pieci šoku procesi atbilst pirmās kārtas SVAR:

$$y_t^*, \pi_t^*, R_t^*, \mu_{z,t}, \mu_{\psi,t}.$$

Tāpat kā CTW pētījumā, divi šoki izslēgti no novērtētā modeļa. Viens ir vienības saknes investīcijām specifisku tehnoloģiju šoks $\mu_{\psi,t}$, kam vajadzētu atbilst ārvalstu blokam, bet kura noteikšana konkrētajā SVAR modelī ir apšaubāma. Otrs ir idiosinkrātiskais uzņēmēju riska šoks σ_t , kurš saskaņā ar CTW ir maznozīmīgs.

Novērojamiem rādītājiem tiek pieļautas mērījuma kļūdas, izņemot iekšzemes procentu likmei un ārvalstu rādītājiem. To dispersija kalibrēta 10% vērtībā no katra rādītāja dispersijas.

3. REZULTĀTI

Tā kā Latvijas tautsaimniecībai ir maza ietekme uz eiro zonu, iekšzemes un ārvalstu bloki novērtēti atsevišķi. Ārvalstu SVAR modeļa novērtējuma rezultātus iegūst, izmantojot vienu Metropoļa–Heistinga (*Metropolis–Hastings*) ķēdi ar 100 000 novērojumu lielu izlasi pēc pirmo 900 000 izlases novērojumu atmešanas. Savukārt Latvijas bloka novērtējuma rezultātus iegūst, izmantojot vienu Metropoļa–Heistinga ķēdi ar 100 000 novērojumu lielu izlasi pēc pirmo 400 000 izlases novērojumu atmešanas. Aprioro un aposterioro parametru attēlojums sniegts A pielikumā.

3.1. Aposterioro parametru vērtības

Ārvalstu bloka aposterioro parametru novērtējums sniegts 3. un 4. tabulā, bet iekšzemes blokam specifisko aposterioro parametru novērtējums – 5. un 6. tabulā. Lai salīdzināšana būtu caurskatāmāka, abos modeļos ar nolūku noteiktas vienādas aprioro parametru vērtības par labu bāzes modelim. Investīciju preču parametra η_i novērtētā aizvietojamības elastība ir tuvu vienībai, un, lai izvairītos no skaitliskām problēmām, finanšu frikciju modelī parametrs kalibrēts uz 1.1 – līdzīgi aposteriorā parametra vidējam lielumam bāzes modelī. Kopumā novērtētie vidējie aposteriorie parametri abos modeļos ir līdzīgi. Būtiski atšķirīgs ir investīciju korekcijas izmaksu parametrs, kas finanšu frikciju modelī salīdzinājumā ar bāzes modeļa specifiskāciju ir aptuveni 2.4 reizes mazāks. 10% nozīmības līmenī abi statistiski būtiski atšķiras. Parametra zemāka vērtība liecina, ka finanšu frikciju modelis ģenerē pakāpenisku reakciju, kuras dēļ tika ieviests investīciju korekcijas mehānisms. Turklāt novērtētais MEI šoka noturības parametrs, ieviešot finanšu frikciju bloku, samazinās no 0.80 līdz 0.57. Runājot par novērtētajām šoku standartnovirzēm, ar finanšu frikciju

modeli iegūta mazāka investīciju robežefektivitātes šoka standartnovirze, kuru acīmredzot "izspiež" uzņēmēju bagātības šoks.

3. tabula

Novērtētie ārvalstu SVAR parametri

	Parametra apraksts	Apriorie parametri			Aposteriorie parametri		HPD intervāls	
		Sadalījums	Vidējais	Standartnovirze	Vidējais	Standartnovirze	10%	90%
ρ_{μ_z}	Noturība, vienības saknes tehnoloģija	β	0.50	0.075	0.590	0.063	0.487	0.696
a_{11}	Ārvalstu SVAR parametrs	N	0.90	0.05	0.913	0.034	0.852	0.977
a_{22}	Ārvalstu SVAR parametrs	N	0.50	0.05	0.521	0.055	0.438	0.605
a_{33}	Ārvalstu SVAR parametrs	N	0.90	0.05	0.954	0.023	0.919	0.989
a_{12}	Ārvalstu SVAR parametrs	N	-0.10	0.10	-0.165	0.091	-0.314	-0.016
a_{13}	Ārvalstu SVAR parametrs	N	-0.10	0.10	-0.045	0.054	-0.124	0.037
a_{21}	Ārvalstu SVAR parametrs	N	0.10	0.10	0.181	0.043	0.097	0.260
a_{23}	Ārvalstu SVAR parametrs	N	-0.10	0.10	-0.090	0.055	-0.183	-0.008
a_{24}	Ārvalstu SVAR parametrs	N	0.05	0.10	0.078	0.041	0.009	0.146
a_{31}	Ārvalstu SVAR parametrs	N	0.05	0.10	0.080	0.029	0.032	0.131
a_{32}	Ārvalstu SVAR parametrs	N	-0.10	0.10	-0.095	0.058	-0.198	0.002
a_{34}	Ārvalstu SVAR parametrs	N	0.10	0.10	0.108	0.026	0.068	0.149
c_{21}	Ārvalstu SVAR parametrs	N	0.05	0.05	0.021	0.040	-0.048	0.088
c_{31}	Ārvalstu SVAR parametrs	N	0.10	0.05	0.145	0.031	0.094	0.196
c_{32}	Ārvalstu SVAR parametrs	N	0.40	0.05	0.374	0.053	0.286	0.459
c_{24}	Ārvalstu SVAR parametrs	N	0.05	0.05	0.065	0.046	-0.003	0.135
c_{34}	Ārvalstu SVAR parametrs	N	0.05	0.05	0.048	0.034	-0.002	0.101

Piezīme. Novērtējums balstīts uz vienu Metropoļa–Heistingsa ķēdi ar 100 000 izlases novērojumu pēc pirmo 900 000 izlases novērojumu atmešanas.

4. tabula

Novērtētās SVAR šoku standartnovirzes

	Apraksts	Apriorie parametri			Aposteriorie parametri		HPD intervāls	
		Sadalījums	Vidējais	Standartnovirze	Vidējais	Sadalījums	Vidējais	Standartnovirze
$100\sigma_{\mu_z}$	Vienības saknes tehnoloģija	Inv- Γ	0.25	inf	0.328	0.052	0.248	0.406
$100\sigma_{y^*}$	Ārvalstu IKP	Inv- Γ	0.50	inf	0.317	0.055	0.219	0.415
$1000\sigma_{\pi^*}$	Ārvalstu inflācija	Inv- Γ	0.50	inf	0.593	0.118	0.394	0.805
$100\sigma_{R^*}$	Ārvalstu procentu likme	Inv- Γ	0.075	inf	0.067	0.008	0.054	0.079

Piezīme. Novērtējums balstīts uz vienu Metropoļa–Heistingsa ķēdi ar 100 000 izlases novērojumu pēc pirmo 900 000 izlases novērojumu atmešanas.

5. tabula
 Novērtētie parametri

	Parametra apraksts	Apriorie parametri			Aposteriorie parametri				HPD intervāls	
		Sadali- lījums	Vidē- jais	Stan- darta- no- virze	Vidējais		Standartnovirze		10%	90%
					bāze	fin. frike.	bāze	fin. frike.	fin. frikc.	
ξ_d	Kalvo (<i>G. A. Calvo</i>), iekšzemes	β	0.75	0.075	0.802	0.803	0.024	0.023	0.755	0.856
ξ_x	Kalvo, eksports	β	0.75	0.075	0.845	0.862	0.036	0.031	0.818	0.906
ξ_{mc}	Kalvo, importētais patēriņš	β	0.75	0.075	0.778	0.777	0.042	0.049	0.694	0.865
ξ_{mi}	Kalvo, importētās investīcijas	β	0.65	0.075	0.559	0.418	0.066	0.042	0.324	0.508
ξ_{mx}	Kalvo, imports eksportam	β	0.65	0.10	0.510	0.590	0.069	0.091	0.452	0.727
κ_d	Indeksācija, iekšzemes	β	0.40	0.15	0.193	0.168	0.064	0.075	0.056	0.279
κ_x	Indeksācija, eksports	β	0.40	0.15	0.330	0.305	0.092	0.107	0.138	0.491
κ_{mc}	Indeksācija, importētais patēriņš	β	0.40	0.15	0.379	0.398	0.130	0.106	0.168	0.639
κ_{mi}	Indeksācija, importētās investīcijas	β	0.40	0.15	0.271	0.263	0.123	0.100	0.079	0.444
κ_{mx}	Indeksācija, imports eksportam	β	0.40	0.15	0.328	0.354	0.090	0.115	0.135	0.566
κ_w	Indeksācija, algas	β	0.40	0.15	0.247	0.247	0.092	0.079	0.073	0.402
ν^j	Aprožamā kapitāla īpatsvars	β	0.50	0.25	0.340	0.442	0.217	0.179	0.031	0.829
$0.1\sigma_L$	Friša (<i>Frisch</i>) inversā elastība	Γ	0.30	0.15	0.214	0.254	0.117	0.106	0.085	0.419
b	Patēriņa paradums	β	0.65	0.15	0.846	0.894	0.033	0.030	0.847	0.945
$0.1S''$	Investīciju korekciju izmaksas	Γ	0.50	0.15	0.411	0.171	0.090	0.030	0.105	0.233
σ_a	Mainīgā kapitāla izmantošana	Γ	0.20	0.075	0.352	0.595	0.084	0.093	0.371	0.827
η_x	Aizvietojamības elastība, eksports	Γ_{tr}	1.50	0.25	1.756	1.541	0.186	0.143	1.121	1.971
η_c	Aizvietojamības elastība, patēriņš	Γ_{tr}	1.50	0.25	1.391	1.337	0.140	0.164	1.021	1.606
η_i	Aizvietojamības elastība, investīcijas	Γ_{tr}	1.50	0.25	1.111	1.1*	0.074			
η_f	Aizvietojamības elastība, ārvalstu	Γ_{tr}	1.50	0.25	1.548	1.570	0.225	0.159	1.175	1.964
μ	Monitoringa izmaksas	β	0.30	0.075		0.271		0.040	0.201	0.340
ρ_ε	Noturība, stacionāra tehnoloģija	β	0.85	0.075	0.885	0.846	0.034	0.041	0.751	0.939
ρ_γ	Noturība, MEI	β	0.85	0.075	0.804	0.574	0.066	0.106	0.372	0.776
ρ_{ζ^c}	Noturība, patēriņa preference	β	0.85	0.075	0.860	0.861	0.042	0.038	0.788	0.939
ρ_{ζ^h}	Noturība, darba preference	β	0.85	0.075	0.807	0.815	0.079	0.048	0.728	0.915
$\rho_{\bar{\phi}}$	Noturība, valsts riska prēmija	β	0.85	0.075	0.904	0.935	0.026	0.025	0.899	0.971
ρ_g	Noturība, valdības izdevumi	β	0.85	0.075	0.753	0.770	0.070	0.083	0.628	0.917
ρ_γ	Noturība, uzņēmēju bagātība	β	0.85	0.075		0.767		0.059	0.604	0.921

Piezīmes. Novērtējums balstīts uz vienu Metropoļa–Heistingsa ķēdi ar 100 000 izlases novērojumu pēc pirmo 400 000 izlases novērojumu atmešanas.

* Kalibrēts, lai izvairītos no skaitliskām problēmām.

Aizvietojamības elastības parametros η_j , $j = \{x, c, i, f\}$ izmantoti nošķeltie apriorie sadalījumi Γ_{tr} , kuru masa ir nulle zem parametra vērtības 1.01.

6. tabula

Novērtētās šoku standartnovirzes

	Apraksts	Apriorie parametri			Aposteriorie parametri				HPD intervāls	
		Sadalījums	Vidējais	Standartnovirze	Vidējais		Standartnovirze		10%	90%
					bāze	fin. frikc.	bāze	fin. frikc.	fin. frikc.	
$10\sigma_\varepsilon$	Stacionāra tehnoloģija	Inv- Γ	0.15	inf	0.139	0.126	0.016	0.014	0.103	0.149
σ_Y	Investīciju robežefektivitāte	Inv- Γ	0.15	inf	0.234	0.162	0.056	0.027	0.093	0.230
σ_{zc}	Patēriņa preference	Inv- Γ	0.15	inf	0.143	0.227	0.029	0.056	0.131	0.320
σ_{zh}	Darba preference	Inv- Γ	0.50	inf	0.739	0.804	0.430	0.283	0.300	1.293
$100\sigma_{\bar{\phi}}$	Valsts riska prēmija	Inv- Γ	0.50	inf	0.547	0.554	0.044	0.045	0.475	0.632
$10\sigma_g$	Valdības izdevumi	Inv- Γ	0.50	inf	0.468	0.470	0.044	0.041	0.396	0.544
σ_{rd}	Uzcenojums, iekšzemes	Inv- Γ	0.50	inf	0.383	0.374	0.105	0.089	0.179	0.555
σ_{rx}	Uzcenojums, eksports	Inv- Γ	0.50	inf	0.813	1.004	0.298	0.391	0.439	1.556
$\sigma_{rm,c}$	Uzcenojums, imports patēriņam	Inv- Γ	0.50	inf	0.887	0.812	0.463	0.329	0.278	1.421
$\sigma_{rm,i}$	Uzcenojums, imports investīcijām	Inv- Γ	0.50	inf	0.895	0.458	0.340	0.078	0.282	0.620
$\sigma_{rm,x}$	Uzcenojums, imports eksportam	Inv- Γ	0.50	inf	1.052	1.447	0.410	0.643	0.523	2.349
$100\sigma_\gamma$	Uzņēmēju bagātība	Inv- Γ	0.50	inf		0.307		0.042	0.231	0.384

Piezīme. Novērtējums balstīts uz vienu Metropoļa–Heistingsa ķēdi ar 100 000 izlases novērojumu pēc pirmo 400 000 izlases novērojumu atmešanas.

3.2. Modeļa momenti un dispersijas dekompozīcija

3.2.1. Modeļa momenti

7. tabulā sniegti novēroto laikrindu dati un modeļa vidējie un to standartnovirzes. Tabulā redzams, ka datiem ir būtiskas pieauguma tempa atšķirības, īpaši iekšzemes reģiona un ārvalstu reģiona rādītāju izaugsmes tempa atšķirības; tāpēc reālie rādītāji, iekšzemes inflācijas līmenis un valūtas kurss tika vidējoti, pirms modelēti. Standartnovirzes atbilst samērā labi, tomēr kopējam nostrādāto stundu skaitam, IKP, importam un procentu likmju starpībai¹⁰ tās tiek acīm redzami pārvērtētas. Šķiet, ka finanšu frikciju bloka ieviešana nedaudz samazina pārvērtēšanas problēmu.

¹⁰ CTW norāda, ka viņu izmantotie "endogēnie apriorie parametri" samazina šoka standartnovirzes pārvērtējuma problēmu. Šajā pētījumā tāda novērtēšanas tehnika nav izmantota.

7. tabula

Dati un (pirmās kārtas aproksimēti) modeļa momenti (%)

Mainīgais	Skaidrojums	Vidējais			Standartnovirze		
		Dati	Modelis		Dati	Modelis	
			bāzes	fin. frikc.		bāzes	fin. frikc.
π	Iekšzemes inflācija	6.08	2.00	2.00	8.39	8.82	8.61
π^c	PCI inflācija	5.62	2.00	2.00	6.29	8.80	8.51
π^i	Investīciju inflācija	6.78	2.00	2.00	51.45	49.57	46.49
R	Nominālā procentu likme	7.06	6.04	6.04	5.86	5.67	6.40
Δh	Kopējā darba stundu skaita pieaugums	0.02	0.00	0.00	2.20	6.76	5.69
Δy	IKP pieaugums	1.37	0.50	0.50	2.31	5.37	4.56
Δw	Reālās algas pieaugums	1.06	0.50	0.50	2.35	2.97	2.89
Δc	Privātā patēriņa pieaugums	1.47	0.50	0.50	2.84	3.16	3.39
Δi	Investīciju pieaugums	1.73	0.50	0.50	16.32	21.34	21.65
Δq	Reālā valūtas kursa pieaugums	-0.88	0.00	0.00	2.51	2.29	2.22
Δg	Valdības izdevumu pieaugums	0.44	0.50	0.50	5.46	5.30	5.30
Δx	Eksporta pieaugums	2.19	0.50	0.50	3.41	3.67	3.66
Δm	Importa pieaugums	2.22	0.50	0.50	6.30	12.24	9.76
Δn	Neto bagātības pieaugums	1.32		0.50	10.38		14.92
<i>spread</i>	Procentu likmju starpība	4.29		3.01	2.25		5.48
Δy^*	Ārvalstu IKP pieaugums	0.26	0.50	0.50	0.61	0.52	0.52
π^*	Ārvalstu inflācija	2.01	2.00	2.00	0.72	0.88	0.88
R^*	Ārvalstu nominālā procentu likme	3.16	6.04	6.04	1.61	2.58	2.58

Piezīme. Sniegti inflācijas un procentu likmju gada rādītāji.

3.2.2. Nosacītās dispersijas dekompozīcija

Nosacītās dispersijas dekompozīcija astoņu ceturkšņu prognozes periodam sniegta 8. tabulā. (Viena ceturkšņa, četru un 20 ceturkšņu prognozēšanas periodu dati sniegti A pielikumā.)

8. tabula

Nosacītās dispersijas dekompozīcija (%) ar modeļa parametru nenoteiktību astoņu ceturkšņu prognozēšanas periodam (aposteriorā parametra vidējais)

	Apraksts	Modelis	R	π^c	IKP	C	I	$\frac{NX}{IKP}$	H	w	q	N	Starpība
ε_t	Stacionāra tehnoloģija	B	0.0	1.8	0.9	0.4	0.1	0.1	6.1	1.0	1.5		
		F	0.0	1.2	0.8	0.1	0.0	0.5	10.9	0.7	1.0	0.2	0.1
Y_t	MEI	B	5.1	1.2	15.1	1.7	73.6	60.2	6.9	1.5	1.0		
		F	0.1	0.1	3.8	0.1	8.5	5.7	5.4	0.5	0.1	19.0	19.2
ζ_t^c	Patēriņa preference	B	0.1	0.1	2.0	78.4	0.5	2.1	1.6	0.1	0.1		
		F	0.3	0.3	8.7	81.6	0.2	19.1	6.9	0.2	0.2	0.2	0.1
ζ_t^h	Darba preference	B	0.0	12.0	3.9	3.0	0.8	0.4	4.1	45.3	10.4		
		F	0.1	8.7	3.1	1.9	0.6	3.5	4.3	39.1	7.5	1.3	0.4
τ_t^d	Uzcenojums, iekšzemes	B	0.0	32.0	1.2	0.2	0.1	0.1	0.8	37.7	27.5		
		F	0.0	26.6	1.8	0.1	0.1	0.2	1.5	39.2	22.9	0.6	0.1
τ_t^x	Uzcenojums, eksports	B	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0		
		F	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0
τ_t^{mc}	Uzcenojums, imports patēriņam	B	0.0	39.0	1.1	0.1	0.0	0.3	0.9	1.4	34.3		
		F	0.0	50.8	3.8	0.0	0.0	0.9	3.1	2.5	44.7	0.1	0.0
τ_t^{mi}	Uzcenojums, imports investīcijām	B	1.1	3.0	29.6	0.2	9.6	14.6	42.5	0.7	2.5		
		F	0.1	0.6	17.9	0.0	6.6	5.6	26.6	0.3	0.5	7.1	6.0
τ_t^{mx}	Uzcenojums, imports eksportam	B	0.3	0.1	38.9	0.1	0.1	6.8	32.2	0.3	0.1		
		F	0.1	0.1	35.2	0.1	0.1	7.1	29.9	0.2	0.1	0.2	0.1
γ_t	Uzņēmēju bagātība	B											
		F	0.8	1.0	10.4	0.2	44.8	35.1	1.9	1.1	0.9	51.5	69.2
$\tilde{\Phi}_t$	Valsts riska prēmija	B	86.7	0.3	1.2	2.4	5.1	10.5	0.7	1.3	0.2		
		F	92.0	0.7	2.7	3.9	11.1	17.8	1.1	3.6	0.6	13.5	2.2
$\mu_{z,t}$	Vienības saknes tehnoloģija	B	1.6	0.1	0.1	0.1	0.2	1.4	0.0	0.4	0.3		
		F	1.6	0.1	0.2	0.0	0.2	1.4	0.0	0.4	0.3	0.1	0.0
$\varepsilon_{R^*,t}$	Ārvalstu procentu likme	B	1.6	0.1	0.1	0.2	0.3	0.9	0.0	0.1	0.0		
		F	1.5	0.1	0.1	0.2	0.3	0.8	0.0	0.2	0.0	0.3	0.1
$\varepsilon_{y^*,t}$	Ārvalstu izlaide	B	3.4	0.2	0.1	0.4	0.7	2.5	0.0	0.2	0.3		
		F	3.4	0.1	0.0	0.6	0.3	2.1	0.0	0.3	0.5	0.1	0.1
$\varepsilon_{\pi^*,t}$	Ārvalstu inflācija	B	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1		
		F	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
	5 ārvalstu*	B	93.3	0.7	1.4	3.1	6.4	15.3	0.8	2.0	1.0		
		F	98.6	1.1	3.0	4.7	11.9	22.0	1.1	4.4	1.5	14.0	2.4
	Visi ārvalstu**	B	94.8	42.8	72.3	3.5	16.1	37.0	77.3	4.5	38.0		
		F	98.7	52.6	62.5	4.8	18.7	35.8	62.8	7.5	46.9	21.4	8.5

* "5 ārvalstu" ietver ārvalstu stacionāru šoku R_t^* , π_t^* , Y_t^* , valsts riska prēmijas šoka $\tilde{\Phi}_t$ un pasaules mēroga vienības saknes neitrālas tehnoloģijas šoka $\mu_{z,t}$ summu.

** "Visi ārvalstu" ietver piecus minētos šokus, kā arī importa un eksporta uzcenojuma šokus τ_t^{mc} , τ_t^{mi} , τ_t^{mx} un τ_t^x .

Piezīme. B ir bāzes modelis, F – finanšu frikciju modelis, R – nominālā procentu likme, π^c – PCI inflācija, C – reālais privātais patēriņš, I – reālās investīcijas, $\frac{NX}{IKP}$ – neto eksports pret IKP, H – kopējais nostrādāto stundu skaits, w – reālā alga, q – reālais valūtas kurss, N – neto bagātība, Starpība – procentu likmju starpība.

Uzņēmēju bagātības šoks pret investīciju robežefektivitātes šoku

8. tabulā parādīts, ka uzņēmēju bagātības šoks, kas ir specifisks finanšu frikciju modelim un neietilpst bāzes modelī, "izspiež" MEI šoku, samazinot investīciju dispersijas skaidrojošo daļu no 74% (bāzes modelī) līdz 28% (finanšu frikciju

modelī), neto eksporta īpatsvara IKP dispersijas daļu – no 60% līdz 6% un IKP dispersijas daļu – no 15% līdz 4%. Jāatgādina, ka MEI šoks iekļauts kapitāla uzkrāšanas vienādojumā ([38] vienādojums B pielikumā) un nosaka, cik efektīvi investīcijas tiek pārvērstas kapitālā. Šā šoka nozīmi akcentējuši A. Justinjano (*A. Justiniano*), Dž. Primičēri (*G. Primiceri*) un A. Tambaloti (*A. Tambalotti*) (9), kuri to interpretē arī kā efektivitāti, ar kādu finanšu sektors novirza mājsaimniecību uzkrājumu plūsmas jauna produktīva kapitāla veidošanā. Uzņēmēju bagātības šoks skaidro 10% no IKP dispersijas, 45% no investīciju dispersijas, 35% no neto eksporta īpatsvara IKP dispersijas, 51% no uzņēmēju tīrās vērtības dispersijas, kā arī 69% no uzņēmēju maksātās un bezriskā nominālās procentu likmju starpības dispersijas.

Savukārt CTW neaplūko nosacītās dispersijas dekompozīciju bāzes modelim, bet dara to tikai modelim ar finanšu un darba tirgus frikcijām. Šajā pētījumā izmantotajam modelim trūkst CTW aplūkotā darba tirgus frikciju bloka, kā arī CTW modelī izmantoti dati par Zviedriju, kur inflācijas mērķi nosaka monetārā politika. Tomēr ir lietderīgi salīdzināt CTW un šā pētījuma rezultātus. CTW secinājumi liecina, ka finanšu frikciju mehānisma klātbūtnē MEI šoks skaidro 10% no investīciju dispersijas, 7% no neto eksporta īpatsvara IKP dispersijas un 4% no IKP dispersijas. Turklāt uzņēmēju bagātības šoks skaidro 71% no investīciju dispersijas, 23% no neto eksporta īpatsvara IKP dispersijas, 25% no IKP dispersijas, 64% no uzņēmēju tīrās vērtības dispersijas un 60% no procentu likmju starpības dispersijas. CTW īsumā piemin (bet neatspoguļo tabulās) finanšu šoka izslēgšanas ietekmi savā modelī. Šādā gadījumā MEI šoks dispersijas dekompozīcijā iegūst lielāku nozīmi: tas izskaidro 52% no investīciju dispersijas un 6% no IKP dispersijas. Kopumā CTW rezultāti atbilst aprēķiniem šajā pētījumā, izņemot investīciju dispersiju, ko Zviedrijas datiem salīdzinājumā ar Latvijas datiem labāk izskaidro uzņēmēju bagātības šoks, nevis MEI šoks. Iespējams, atšķirību nosaka tas, ka salīdzinājumā ar Zviedriju Latvijas uzņēmēju tīrās vērtības reakcija uz bagātības šoku nav tik krasa, liecinot par augstāku Zviedrijas finanšu tirgus attīstības pakāpi.

Valsts riska prēmijas šoks

8. tabulas dati arī liecina, ka valsts riska prēmijas šoks ir iekšzemes nominālās procentu likmes galvenais virzītājs un būtisks faktors Latvijas ekonomiskās attīstības ciklā. Salīdzinājumā ar bāzes modeli tas vairāk izpaužas finanšu frikciju modelī. Piemēram, aplūkotajā izlasē no 1995. gada 1. ceturkšņa līdz 2012. gada 4. ceturksnim valsts riska prēmijas šoks izskaidro 92% no iekšzemes nominālās procentu likmes dispersijas (bāzes modelī – 87%), 11% no investīciju dispersijas (bāzes modelī – 5%), 3% no IKP dispersijas (bāzes modelī – 1%), 18% no neto eksporta īpatsvara IKP dispersijas (bāzes modelī – 10%) un 13% no uzņēmēju tīrās vērtības dispersijas.

Pētījuma rezultātu un CTW aprēķinu salīdzinājums šajā aspektā atklāj būtiskas atšķirības. Runājot par Zviedriju, šis šoks izskaidro tikai 5% no nominālās procentu likmes dispersijas, 1% no investīciju dispersijas un 1% no uzņēmēju tīrās vērtības dispersijas, bet IKP dispersijas skaidrojums aptuveni atbilst Latvijas rādītājam (3%). Šīs atšķirības cēlonis ir iekšzemes nominālā procentu likme, kas attiecīgajā vēsturiskajā izlasē Latvijā bija augstāka nekā eiro zonā; turklāt, tā kā modelī Latvijas nacionālā valūta bija piesaistīta eiro, valsts riska prēmija noteica (vēsturiski milzīgo) faktisko iekšzemes un ārvalstu procentu likmes starpību. Gaidāms, ka pēc Latvijas

pievienošanās eiro zonai 2014. gadā valsts riska prēmijas šoka spiediens uz iekšzemes procentu likmi samazināsies, bet visu eiro zonu aptverošu šoku ietekme palielināsies.

Ārvalstu ekonomiskā bloka šoki

Novērtēts, ka ārvalstu procentu likmes, ārvalstu izlaides un ārvalstu inflācijas šoka ietekme uz iekšzemes tautsaimniecību ir samērā ierobežota un visvairāk skar iekšzemes nominālo procentu likmi. Šajā izlases periodā arī vienības saknes tehnoloģijas šoka ietekme uz tautsaimniecību vērtēta kā nebūtiska.

Iegūtie rezultāti kopumā gandrīz saskan ar CTW aprēķiniem attiecībā uz ārvalstu procentu likmes, ārvalstu izlaides un ārvalstu inflācijas šoka maznozīmīgo ietekmi uz Zviedrijas tautsaimniecību. Tomēr CTW novērtējumā vienības saknes tehnoloģijas šoka ietekme ir lielāka un izskaidro 4.1% no Zviedrijas IKP dispersijas (Latvijā – 0.1% no IKP dispersijas). Iespējams, to varētu izskaidrot fakts, ka attiecīgajā izlases periodā Latvijas tautsaimniecība bija vairāk vai mazāk idiosinkrātiskā konverģences un krasas izaugsmes un lejupslīdes ciklā, savukārt vairāk attīstītā Zviedrijas tautsaimniecība stingrāk balstījās uz pasaules mēroga tehnoloģiju attīstību. Turklāt CTW novērtē šo šoku, pamatojoties uz ārvalstu rādītājiem, kas svērti ar tirdzniecības daļām, bet šajā pētījumā izmantoti eiro zonas rādītāji, un tāpēc saikne (kopējā tehnoloģija) starp iekšzemes un ārvalstu rādītājiem ir vājāka.

Stacionārs neitrālas tehnoloģijas šoks

Runājot par tehnoloģiju šokiem, ir vēl kāda atšķirība starp CTW atspoguļotajiem rezultātiem Zviedrijai un šajā pētījumā aplūkotajiem Latvijas rādītājiem, un tā saistīta ar stacionāra neitrālas tehnoloģijas šoka ietekmi uz starppatēriņa preču ražotāju ražošanas funkciju. Šim šokam ir neliela ietekme uz Latvijas tautsaimniecību, izņemot kopējo nostrādāto darba stundu skaitu (tas izskaidro 11% no attiecīgās dispersijas).

Savukārt CTW novērtējums rāda, ka šis šoks izskaidro aptuveni tādu pašu nostrādāto stundu skaita dispersijas daļu (9%), bet papildus tam arī 11% no privātā patēriņa dispersijas (Latvijā – 0.1%), 9% no IKP dispersijas (Latvijā – 0.8%), 6% no PCI inflācijas dispersijas (Latvijā – 1%) un 8% no iekšzemes nominālās procentu likmes dispersijas (Latvijā – 0.0%). Iespējams, darba tirgus bloks CTW modelī rada šo rezultātu atšķirību.

Mājsaimniecību preferences šoki

Interesanti, ka patēriņa preferences (*consumption preference*) šoks izskaidro 82% no patēriņa dispersijas Latvijā, bet Zviedrijā – tikai 45% no patēriņa dispersijas. Šo atšķirību varbūt var pamatot ar patēriņa veicināto pārkaršanu Latvijā, kas sākās aptuveni 2004. gadā (sk. vēsturiskā šoka dekompozīciju turpmāk).

Novērtēts, ka darba preferences (*labour preference*) šokam abās valstīs ir gandrīz vienāda ietekme vismaz attiecībā uz algām; aprēķināts, ka šis šoks izskaidro 39% no reālās algas dispersijas gan Latvijā, gan Zviedrijā. Ietekme uz darba tirgus rādītājiem ir dažāda, visticamāk, modeļos izmantotās darba tirgus modelēšanas bloka atšķirīgās struktūras dēļ.

Iekšzemes uzcelojuma šoks

Aprēķināts, ka iekšzemes uzcelojuma šoks, kas ietekmē iekšzemes starppatēriņa preces ražošanas robežizmaksas, izskaidro 27% no Latvijas PCI inflācijas dispersijas (Zviedrijā – 45%) un 39% no reālās algas dispersijas (Zviedrijā – 31%). Tās arī ir vienīgās abās valstīs novērotās šā šoka līdzības, jo, ņemot vērā valūtas kursa piesaistes režīmu Latvijā, šis šoks izskaidro 23% no Latvijas reālā valūtas kursa dispersijas (Zviedrijā – 0.2%); savukārt Zviedrijā tas ar Teilora likuma starpniecību ietekmē nominālo procentu likmi un daļu reālās tautsaimniecības spēcīgāk nekā Latvijā. Piemēram, tas izskaidro 7% no IKP dispersijas un 3% no investīciju dispersijas Zviedrijā, savukārt attiecīgie Latvijas rādītāji ir 2% un 0.1%.

Eksporta preču uzcelojuma šoks

8. tabula liecina, ka eksporta preču uzcelojuma šokam ir vāja ietekme uz Latvijas tautsaimniecību; vienīgie ievēriības cienīgi ietekmes rādītāji ir 2.5% (bāzes modelī – 1%) no IKP dispersijas un 2% (bāzes modelī – 1%) no nostrādāto darba stundu skaita dispersijas skaidrojums (Zviedrijā – attiecīgi 8% un 10%). Tā kā modeļi un dati atšķiras, grūti norādīt precīzu šādas neatbilstības cēloni.

Importētie uzcelojuma šoki

Novērtēts, ka importētā eksporta uzcelojuma šokam (*imported exports markup shock*) Latvijas tautsaimniecībā ir lielāka ietekme nekā Zviedrijas tautsaimniecībā; aprēķināts, ka tas izskaidro 35% no IKP dispersijas un 30% no kopējā nostrādāto stundu skaita dispersijas Latvijā (Zviedrijā – attiecīgi 16% un 14%). Daļu atšķirības nosaka augstāks kalibrēts importēto preču īpatsvars Latvijas eksportā (55%) salīdzinājumā ar Zviedriju (35%).

Runājot par pārējiem importēto preču uzcelojuma šokiem, importētā patēriņa uzcelojuma šoks (*imported consumption markup shock*) izskaidro lielāko daļu jeb 51% no iekšzemes PCI inflācijas dispersijas (bāzes modelī – 39%; Zviedrijā – 34%), tāpēc tas ir arī nozīmīgākais šoks, kas ietekmē reālo valūtas kursu, izskaidrojot 45% no Latvijas reālā valūtas kursa dispersijas (bāzes modelī – 34%). Zviedrijā atbilstoši Teilora likumam šis šoks izskaidro 17% no nominālā valūtas kursa dispersijas un vēl mazāku reālā valūtas kursa dispersijas īpatsvaru. Pretstatā iekšzemes uzcelojuma šokam novērtēts, ka importētā patēriņa uzcelojuma šokam nav maza ietekme uz Latvijas IKP, jo tas izskaidro gandrīz 4% no Latvijas IKP dispersijas (bāzes modelī – 1%), bet tikai 0.2% no IKP dispersijas Zviedrijā. Šādas ietekmes svarīgumu var atkal pamatot ar patēriņa veicināto Latvijas tautsaimniecības pārkaršanu pārskata periodā. Visbeidzot, importēto investīciju uzcelojuma šoks (*imported investment markup shock*) izskaidro 7% no investīciju dispersijas (bāzes modelī – 10%), 18% no IKP dispersijas (bāzes modelī – 30%) un 27% no kopējā nostrādāto stundu skaita dispersijas (bāzes modelī – 42.5%). Šim šokam Zviedrijas tautsaimniecībā gluži atšķirīgi ir niecīga nozīme. Viens no atšķirību skaidrojumiem, kas tomēr varētu sniegt tikai daļēju atbildi, varētu būt augstāk kalibrēts importa īpatsvars Latvijas investīciju precēs (65%) salīdzinājumā ar Zviedriju (43%). Vēl jānorāda uz pamanāmu bāzes modeļa un finanšu frikciju modeļa rezultātu atšķirību. Ja modelī netiktu iekļauts finanšu frikciju bloks, ar importēto investīciju uzcelojuma šoku divu gadu prognozēšanas periodā varētu izskaidrot gandrīz trešo daļu no Latvijas IKP dispersijas, bet ar finanšu frikciju bloku modelī – mazāk nekā piekto

daļu. Šķiet, ka pārējo daļu piesaista ar patēriņu saistītie šoki, t.i., patēriņa preferences šoks un importētā patēriņa uzceluma šoks.

Ārvalstu šoku kopums

Ja ārvalstu šokos iekļauj trīs ārvalstu stacionāros (procentu likmes, izlaides un inflācijas) šokus, valsts riska prēmijas šoku, pasaules mēroga vienības saknes tehnoloģijas šoku, importa (importētā eksporta, patēriņa un investīciju) un eksporta uzceluma šokus, t.i., kopā deviņi šoki (sk. 8. tabulas pēdējo rindu), tie kopumā izskaidro 99% no iekšzemes nominālās procentu likmes dispersijas (bāzes modelī – 95%, Zviedrijā – 28%), valsts riska prēmijas šokam pārsvarā nosakot tās lielāko daļu. Divu gadu prognozēšanas periodam ārvalstu šoki arī izskaidro 53% no PCI inflācijas dispersijas un 62% no IKP dispersijas (bāzes modelī – 43% un 72%; Zviedrijā – 40% un 32%), importētā patēriņa un iekšzemes preču (PCI inflācijai), importētā eksporta un importēto investīciju (IKP) uzceluma šokiem nosakot tās lielāko daļu.

Tā kā literatūrā ekonomiskās attīstības cikli galvenokārt tiek saistīti ar investīciju svārstībām, uzņēmēju bagātības šoku uzskata par svarīgāko investīciju dispersijas avotu Latvijā. Zviedrijas fakti liecina, ka, Latvijas uzņēmumiem arvien vairāk finansiāli integrējoties, Latvijā gaidāms šā šoka ietekmes kāpums.

3.3. Impulsu reakcijas funkcijas

Tā kā 8. tabula liecina, ka finanšu frikciju modelī uzņēmēju bagātības šoks ir galvenais investīciju dispersijas veicinātājfaktors un ka tas "izspiež" MEI šoku bāzes modelī, izzinoši salīdzināt šo abu šoku IRF.

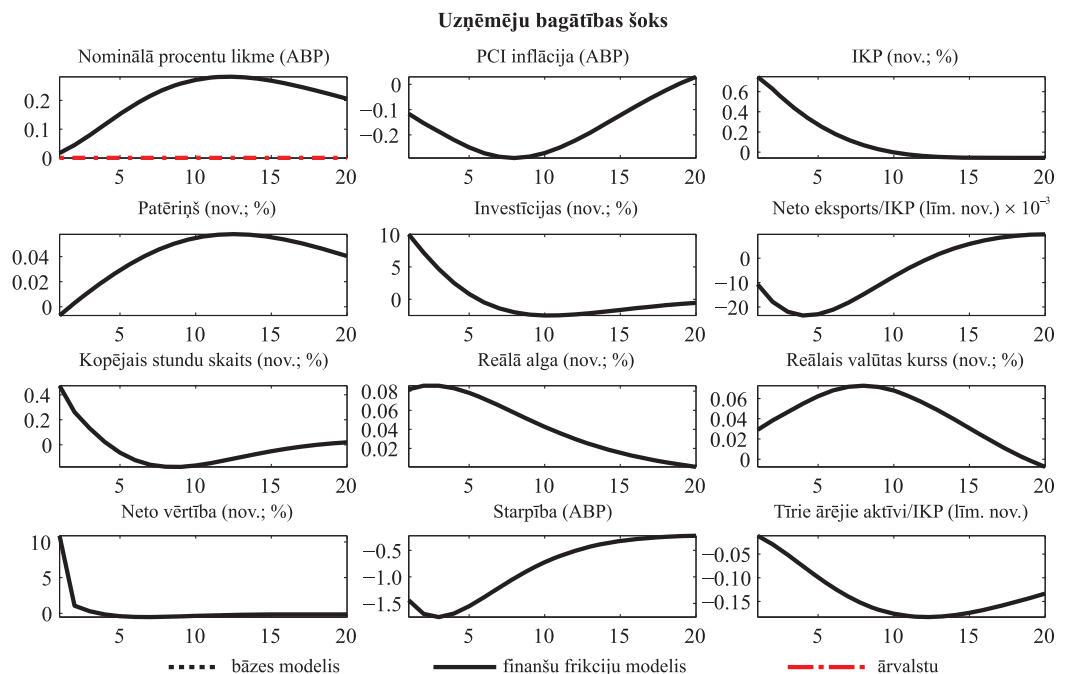
Uzņēmēju bagātības šoks

Uzņēmēju bagātības šoka IRF atspoguļotas 1. attēlā, kas ļauj secināt, ka pozitīvs īslaicīgs uzņēmēju bagātības šoks γ_t paaugstina tīro vērtību, samazina iespējamā bankrota risku un līdz ar to arī procentu likmju starpību, kā arī palielina investīcijas (aptuveni tādas pašas kā tīrās vērtības procentuālās pārmaiņas); atbilstoši pieaug arī IKP, reālā alga un kopējais nostrādāto darba stundu skaits. Paplašinās gan eksports, gan imports, pēdējam palielinoties vairāk investīciju preču pieprasījuma dēļ, tādējādi nedaudz sarūkot neto eksporta un IKP attiecībai. Tāpēc pasliktinās tīro ārējo aktīvu un IKP attiecība, nedaudz veicinot nelielu iekšzemes nominālās procentu likmes riska prēmijas kāpumu. Šoka dēļ investīciju izmaksas samazinās un patēriņš palielinās tikai nedaudz. Rezultātā PCI inflācija pazeminās, lai gan tikai nedaudz, tādējādi sarūkot arī reālajam valūtas kursam.

Tīrās vērtības reakcija uz šo šoku un citiem šokiem ir samērā slāpēta, t.i., tās dinamika zūd pēc dažiem periodiem. Šis novērojums un tīrās vērtības autokorelēta mērījuma kļūda liecina, ka akciju tirgus cenu indekss varētu būt vājš tīrās vērtības dinamikas rādītājs Latvijā, tāpēc vajadzētu pētīt citus potenciālos rādītājus, piemēram, mājokļu cenu indeksu. Tas varētu kļūt par nākotnes izpētes jautājumu.

1. attēls

Impulsu reakcijas uz uzņēmēju bagātības šoku γ_t



Piezīme. Vienības uz y ass izteiktas kā procentuālā novirze (nov.; %) no stabila līdzsvara stāvokļa, ABP vai novirze no līmeņa (līm. nov.).

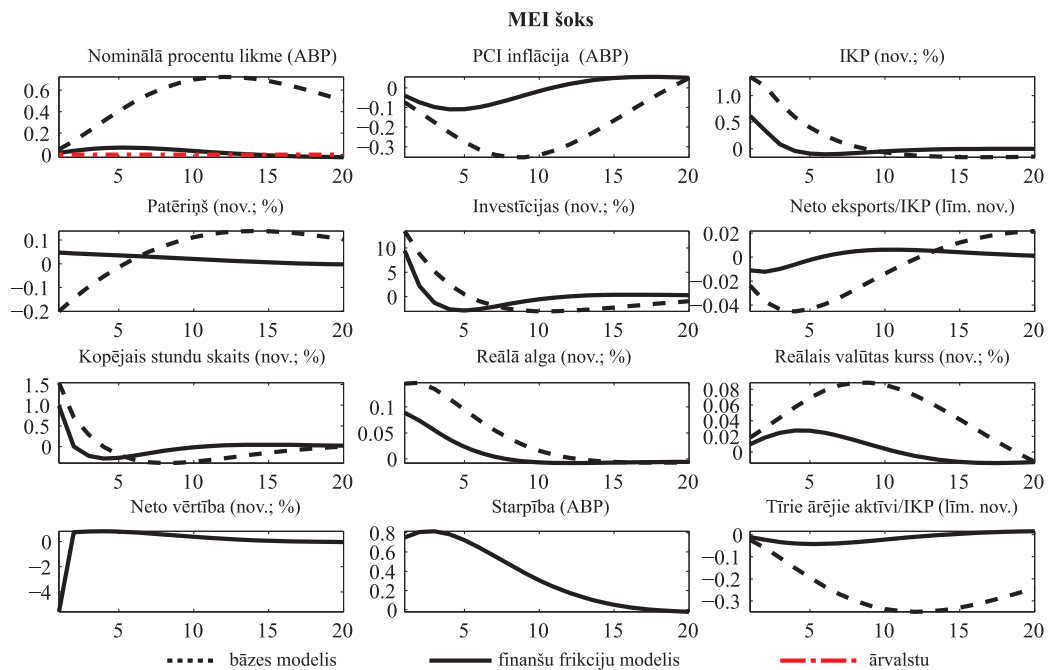
MEI šoks

Salīdzinot bagātības šoku un īslaicīgu MEI šoku, 2. attēlā parādīts, ka MEI šoka ietekme bāzes modelī kvalitātes ziņā ir līdzīga bagātības šoka ietekmei finanšu frikciju modelī (izņemot ietekmi uz patēriņu, kas sākotnēji samazinās), tomēr finanšu frikciju bloka ieviešana modelī samazina MEI šoka ietekmi uz visiem attēlotajiem rādītājiem (tagad nedaudz palielinoties patēriņam). Šo šoku ietekme uz neto vērtību un procentu likmju starpību ir pretēja, kas ļauj indentificēt šos šokus.

MEI šoks palielina kapitāla daudzumu uz katru investīciju, un tādējādi kapitāla cena pazeminās. Patēriņš gandrīz nemainās, tāpēc MEI šoka ietekme uz cenām ir lejupvērsta.

2. attēls

Impulsu reakcijas uz MEI šoku Y_t



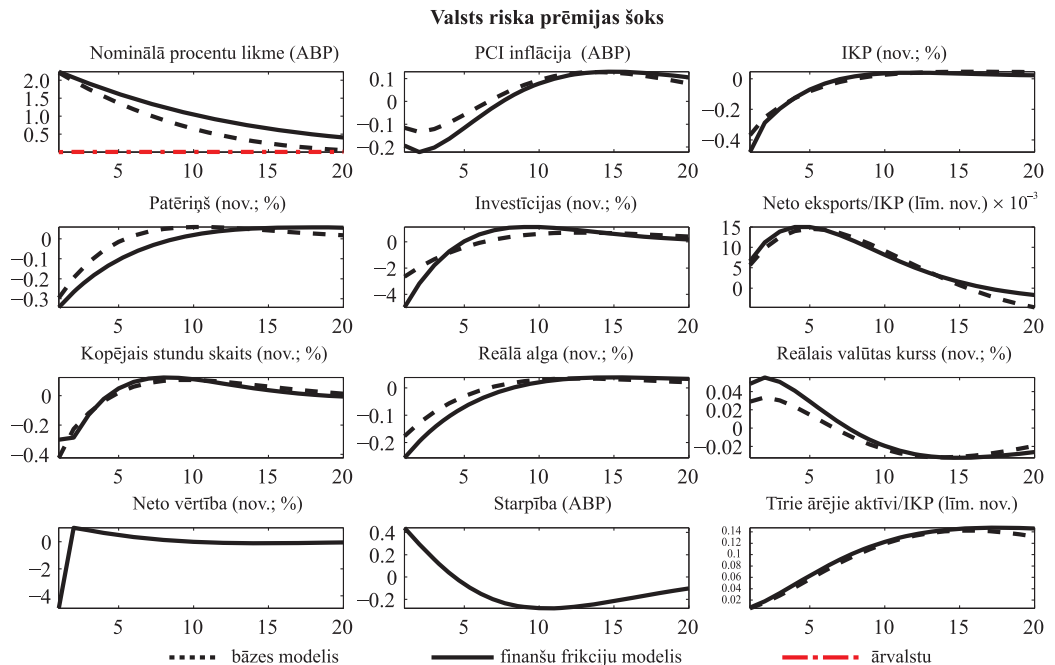
Piezīme. Vienības uz y ass izteiktas kā procentuālā novirze (nov.; %) no stabila līdzsvara stāvokļa, ABP vai novirze no līmeņa (līm. nov.).

Valsts riska prēmijas šoks

Īslaicīga valsts riska prēmijas šoka IRF sniegta 3. attēlā. 8. tabulā atspoguļots, ka šis šoks ir iekšzemes nominālās procentu likmes dispersijas galvenais cēlonis. Ietekme abos modeļos ir kvalitatīvi līdzīga, tomēr finanšu frikciju modelī tā nedaudz pastiprinās. Šoks paaugstina iekšzemes nominālo procentu likmi, kas noturīgi tuvojas stabila līdzsvara stāvoklim. Tam seko patēriņa un uzņēmēju tīrās vērtības sarukums, procentu likmju starpības un bankrota riska kāpums (pēc viena gada abiem pēdējiem rādītājiem zīme mainās uz pretējo), investīciju kritums (salīdzinājumā ar bāzes modeli sākotnēji gandrīz divas reizes lielāks modelī ar finanšu frikciju mehānismu), kā arī IKP, reālās algas un kopējā nostrādāto darba stundu skaita samazināšanās. Tā kā imports sarūk vairāk nekā eksports, nedaudz paaugstinās neto eksporta un IKP attiecība. PCI inflācijas lejupslīde vērojama aptuveni divus gadus, pēc tam tendence pavēršas pretējā virzienā. Tādējādi pirmajos divos gados pēc šoka reālais valūtas kurss pazeminās.

3. attēls

Impulsu reakcija uz valsts riska prēmijas šoku $\tilde{\Phi}_t$



Piezīme. Vienības uz y ass izteiktas kā procentuālā novirze (nov.; %) no stabila līdzsvara stāvokļa, ABP vai novirze no līmeņa (līm. nov.).

Ārvalstu nominālās procentu likmes šoks

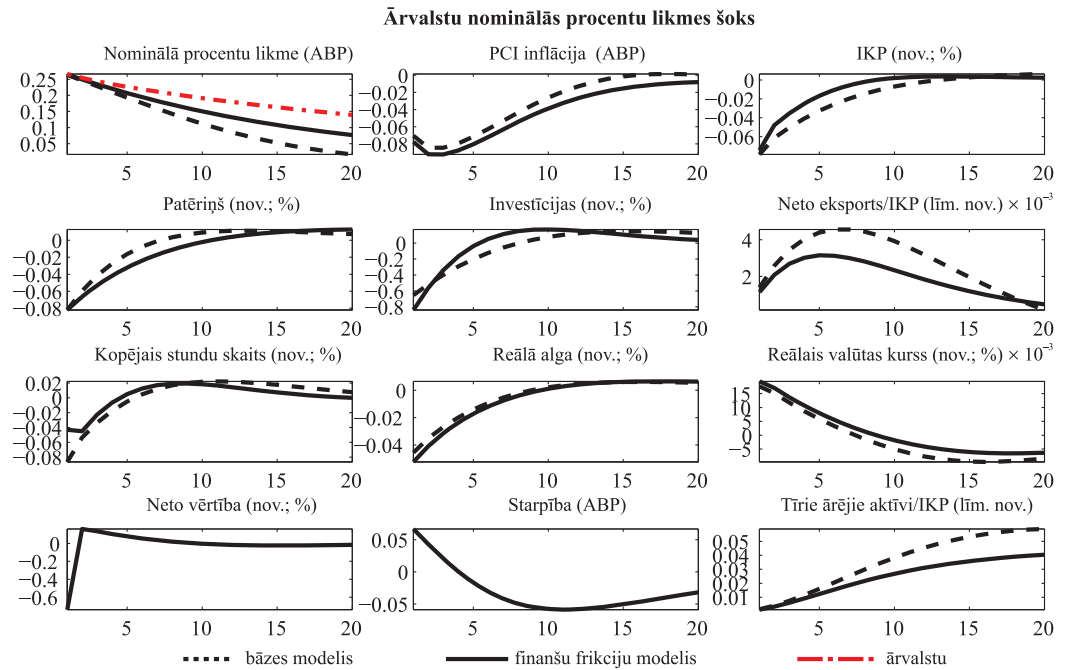
8. tabulas dati liecina, ka ārvalstu nominālās procentu likmes šokam atsaucēs periodā ir neliela ietekme uz iekšzemes tautsaimniecību; tomēr politikas veidotājus parasti interesē, kas notiek pēc monetārās politikas procentu likmes paaugstināšanas. Pēc pievienošanās eiro zonai 2014. gadā Latvijai svarīga ir tieši ECB monetārās politikas procentu likme. 4. attēlā parādīts, ka pozitīvs īslaicīgs ārvalstu procentu likmes šoks vienādi paaugstina gan ārvalstu, gan iekšzemes nominālo procentu likmi, kas, abām lēnām sarūkot, tuvojas stabila līdzsvara stāvoklim. Patēriņš, investīcijas un uzņēmēju tīrā vērtība sarūk, bankrota risks nedaudz pieaug (pirmajā gadā), arī procentu likmju starpība palielinās. IKP, reālā alga un kopējais nostrādāto darba stundu skaits samazinās. Importa apjoma samazinājuma dēļ nenozīmīgi palielinās neto eksporta un IKP attiecība. Tā tīro ārējo aktīvu īpatsvars IKP kļūst nedaudz lielāks, veicinot iekšzemes valsts riska prēmijas un līdz ar to arī iekšzemes nominālās procentu likmes samazināšanos. Vājākas iekšzemes aktivitātes dēļ krītas PCI inflācija. Salīdzinājumā ar ārvalstu inflāciju iekšzemes inflācija sarūk vairāk, tāpēc sākumā, lai gan tikai nedaudz, samazinās reālais valūtas kurss. Ietekme ir līdzīga visos modeļos, izņemot noturīgāku nominālās procentu likmes dinamiku finanšu frikciju modelī.

Valsts riska prēmijas šoka un ārvalstu nominālās procentu likmes šoka IRF ir līdzīgas, tādējādi norādot uz šo šoku potenciālajām identifikācijas problēmām. Identifikācijas problēmu nedaudz mazina konkrētā procedūra, ar kuru ārvalstu SVAR un iekšzemes bloku novērtē atsevišķi. Ārvalstu SVAR aizvietošana ar pilnvērtīgu ārvalstu DSGE bloku, kas labāk identificētu ārvalstu monetāro politiku, varētu sniegt risinājumu, tomēr tas sarežģītu modeli.

Pārējās IRF sniegtas A pielikumā.

4. attēls

Impulsu reakcija uz ārvalstu nominālās procentu likmes šoku $\varepsilon_{R^*,t}$



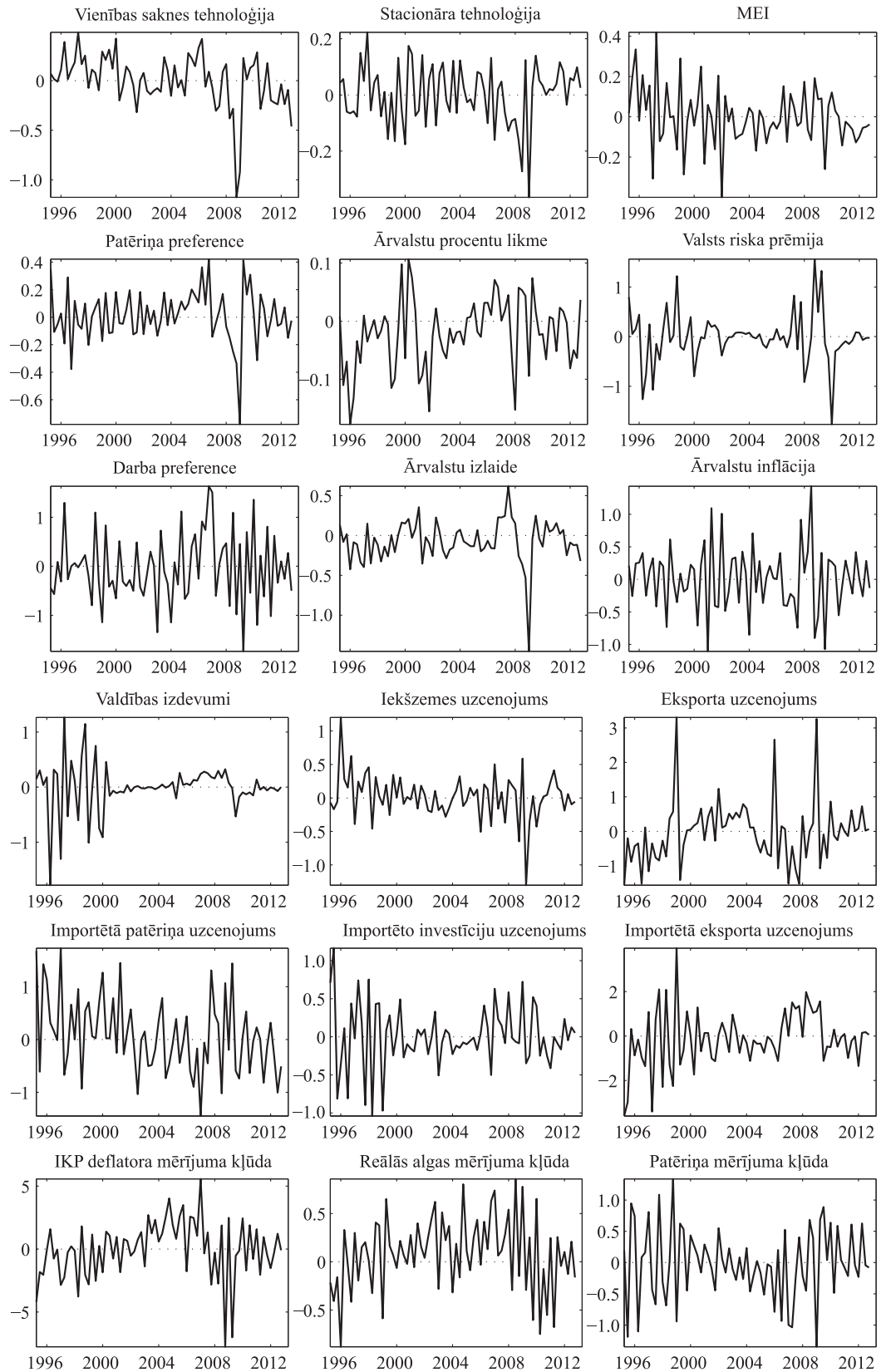
Piezīme. Vienības uz y ass izteiktas kā procentuālā novirze (nov.; %) no stabila līdzsvara stāvokļa, ABP vai novirze no līmeņa (līm. nov.).

3.4. Gludinātas šoka vērtības un vēsturiskā dekompozīcija

Gludinātas šoka vērtības finanšu frikciju modelim sniegtas 5. attēlā. Tabula, kurā apkopoti to vidējie lielumi un standartnovirzes, iekļauta A pielikumā. Saskaņā ar aprēķiniem šoku vidējais lielums ir aptuveni nulle. Negatīvi ir tas, ka tīrās vērtības, kopējā nostrādāto darba stundu skaita un reālās algas mērījuma kļūdas, šķiet, ir autokorelētas.

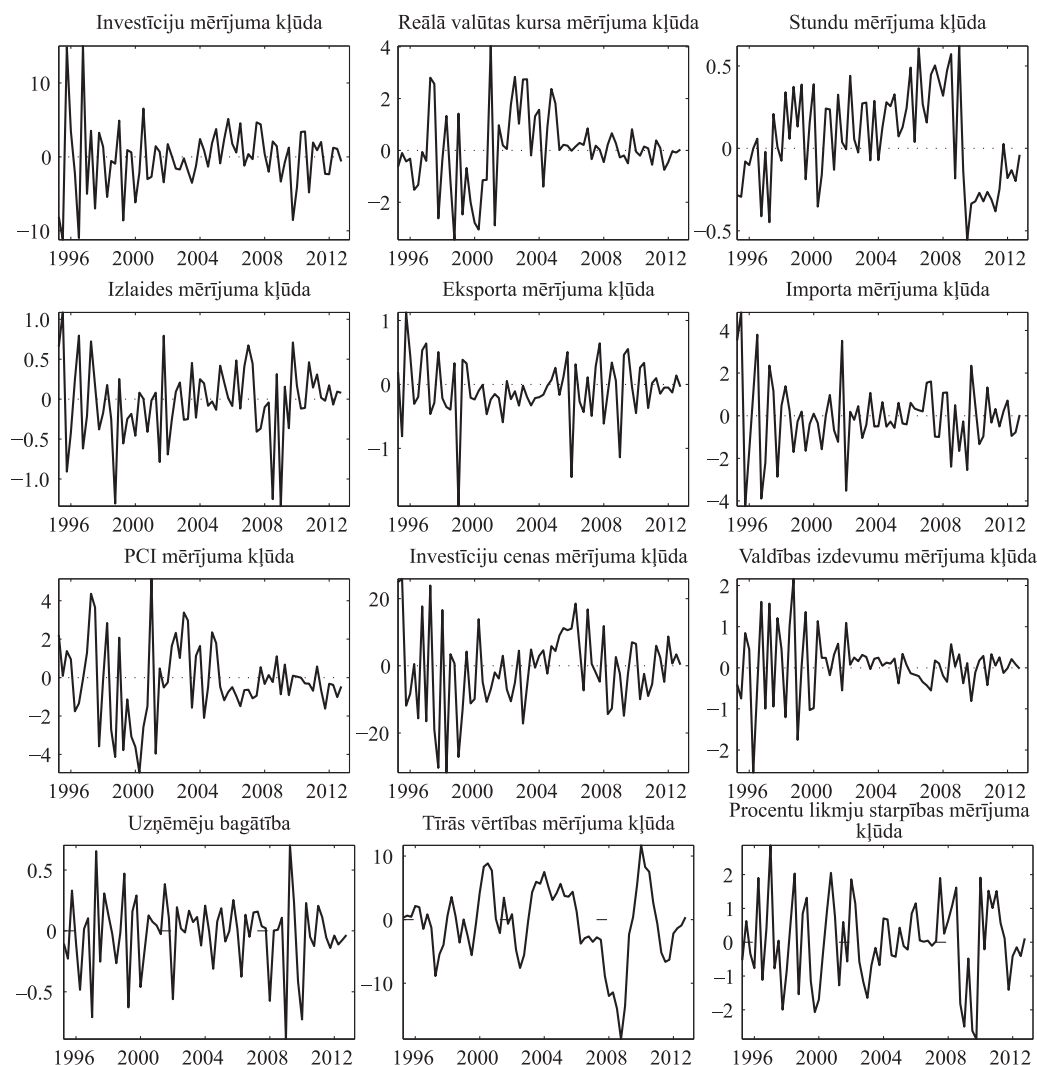
5. attēls

Finanšu frikciju modeļa gludinātie šoka procesi un mērījuma kļūdas



5. attēls (turpinājums)

Finanšu frikciju modeļa gludinātie šoka procesi un mērījuma kļūdas



6.–12. attēlā parādīta IKP, PCI inflācijas un procentu likmes starpības šoku vēsturiskā dekompozīcija.

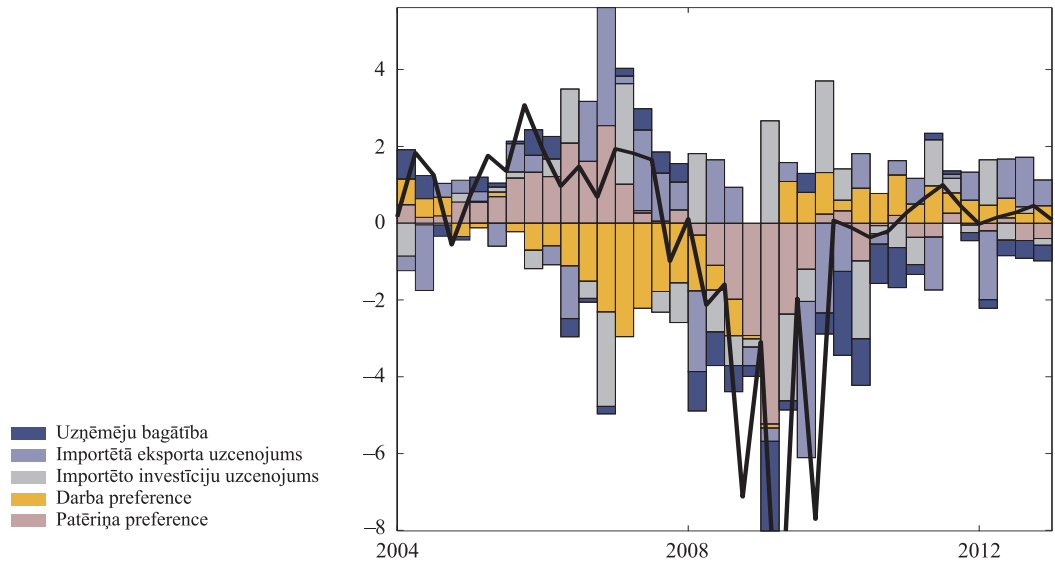
IKP

Pievēršoties šokiem ar lielāko ietekmi, 6. un 7. attēlā atspoguļots, ka modelis definē mājsaimniecību patēriņa preferences šoku kā 2004. gada burbuļa nozīmīgāko virzītājspēku. 2004.–2007. gadā šā šoka vērtības stabili pārsniedza izlases vidējo vērtību (sk. 5. att.), norādot, ka šajā periodā mājsaimniecības īpaši aktīvi izdeva līdzekļus par patēriņa precēm. 2007. gada 2. pusgadā šoks beidzās, un tas, iespējams, notika dzīves dārdzības kāpuma un līdz ar to vājākas patērētāju konfidences dēļ (pēdējo pieņēmumu apstiprina ECFIN patērētāju apsekojumu dati). Tajā laikā vairāku citu šoku, t.sk. stacionāras un vienības saknes neitrālas tehnoloģijas, kā arī riska prēmijas šoka, ietekme kļuva negatīva (sk. 5. att.). Noteikts, ka no 2008. gada līdz 2011. gadam vairāki negatīvi uzņēmēju bagātības šoki būtiski ietekmēja IKP izaugsmi (sk. 6. att.). Turklāt šis šoks izvērtās par nozīmīgu IKP līmeņa noteicējfaktoru pēc recesijas (sk. 7. att.). Uzņēmēju bagātības dinamika modelī ir novērojams lielums, ko novērtē, izmantojot *NASDAQ OMX Riga*

akciju cenu indeksu¹¹, kas recesijas laikā saruka. Praksē iespējams, ka attiecīgais mainīgais izsaka arī daļu nekustamā īpašuma cenu dinamikas (citos aspektos modelī nav saiknes ar nekustamā īpašuma sektoru), kura arī krasi pasliktinājās recesijas laikā, plīstot mājokļu tirgus burbulim.

6. attēls

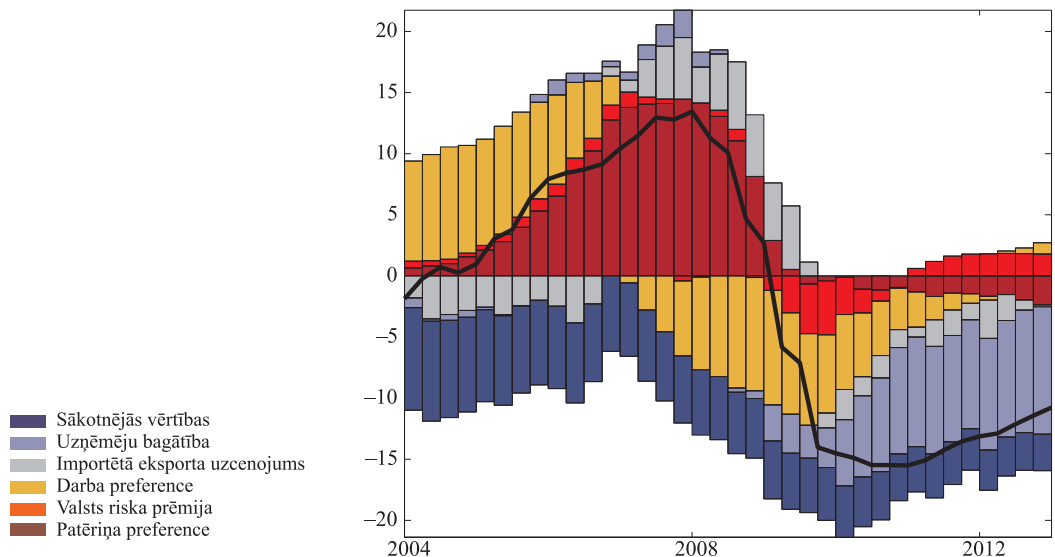
IKP dekompozīcija (ceturkšņa pieauguma temps; 2004. gada 1. cet.–2012. gada 4. cet.)



Piezīmes. Finanšu frikciju modelis. Attēloti tikai šoki, kas vismaz vienā periodā ir lielāki par 2 procentu punktiem.

7. attēls

IKP dekompozīcija (līmenis; 2004. gada 1. cet.–2012. gada 4. cet.)



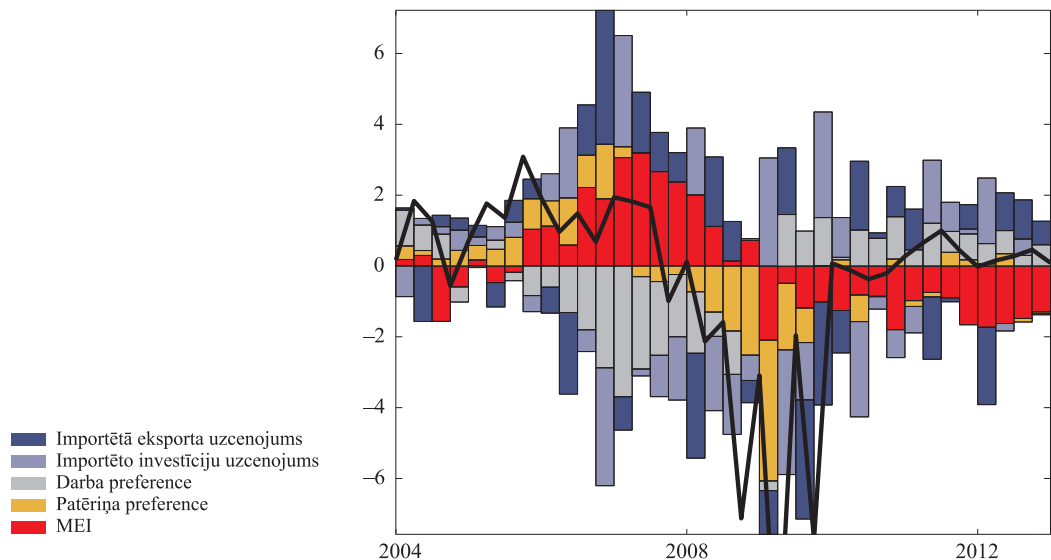
Piezīmes. Finanšu frikciju modelis. Attēloti tikai šoki, kas vismaz vienā periodā ir lielāki par 4 procentu punktiem.

¹¹ <http://www.nasdaqomxbaltic.com/en/exchange-information/about-us/nasdaq-omx/nasdaq-omx-riga-3>, skatīts 2014. gada 29. maijā.

8. un 9. attēls salīdzinājumam sniedz ar bāzes modeli iegūto pieauguma dekompozīciju (vietas trūkuma dēļ gludinātie šoki izlaisti). Bāzes modelī MEI šoks identificēts kā viens no svarīgākajiem 2004. gada uzplaukuma un tam sekojošās recesijas virzītājspēkiem. Saskaņā ar bāzes modeli MEI šokam bija negatīva ietekme visā pēcrecesijas periodā, un to grūti izskaidrot.

8. attēls

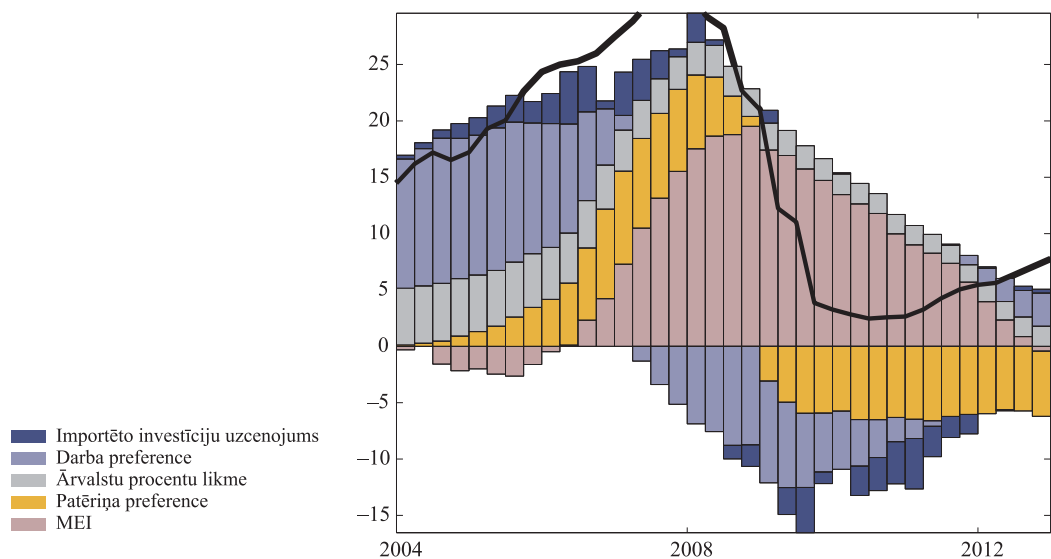
IKP dekompozīcija (ceturkšņa pieauguma temps; 2004. gada 1. cet.–2012. gada 4. cet.; bāzes modelis)



Piezīme. Attēloti tikai šoki, kas vismaz vienā periodā ir lielāki par 2.5 procentu punktiem.

9. attēls

IKP dekompozīcija (līmenis; 2004. gada 1. cet.–2012. gada 4. cet.; bāzes modelis)



Piezīme. Attēloti tikai šoki, kas vismaz vienā periodā ir lielāki par 4.5 procentu punktiem.

Tādējādi finanšu frikciju bloka klātbūtne modelī ievieš gan skaidrību, gan pārmaiņas. Pirmkārt, uzņēmēju bagātības šoks darbojas citādi nekā MEI šoks, jo tam uzplaukuma periodā bija neliela nozīme. Tādējādi patēriņa preferences paliek vienīgais svarīgākais 2004. gada burbuļa noteicējfaktors. Otrkārt, uzņēmēju

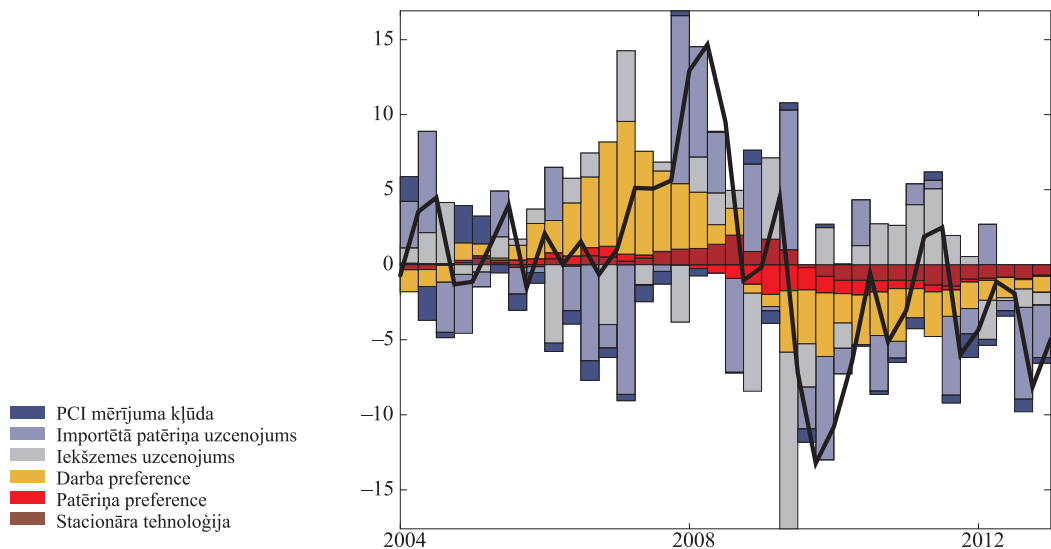
bagātības šoks ir vieglāk saprotams faktors, kas padziļināja recesiju, bet pēcrecesijas posmā kļuva neaktīvs. Turpretī pēcrecesijas periodā vienmēr efektīvo MEI šoku bāzes modelī ir grūtāk izskaidrot.

PCI inflācija

10. attēlā parādīts, ka modelī mājsaimniecību darba preferences identificētas kā galvenais Latvijas inflācijas paaugstināšanās dzinējspēks 2004. gada uzplaukumā, un 2007. gadā tam pievienojās arī importētā patēriņa uzceluma šoks. Šie abi šoki kopā ar iekšzemes uzceluma šokiem veicināja inflācijas līmeņa kritumu 2009. gadā.

10. attēls

PCI dekompozīcija (2004. gada 1. cet.–2012. gada 4. cet.)



Piezīmes. Finanšu frikciju modelis. Attēloti tikai šoki, kas vismaz vienā periodā ir lielāki par 1.5 procentu punktiem.

Darba preferences šoks nosaka mājsaimniecību vēlēšanos strādāt. Modelis liecina, ka salīdzinājumā ar izlases vidējo rādītāju 2005.–2007. gadā Latvijas mājsaimniecības vēlējas strādāt mazāk un patērēt vairāk (sk. 6. att.). Iespējams, ka darba preferences noteica strauji augošā tautsaimniecība un tās sniegtā iespēja viegli nopelnīt naudu tēriņiem. Nevēlēšanās strādāt noteica algu paaugstināšanos, lai tādējādi kompensētu mājsaimniecību darba preferences; tas savukārt palielināja patēriņa preču cenas. Modelis liecina, ka no 2008. gada beigām līdz izlases perioda beigām 2012. gada 4. ceturksnī darba preferences šokam bija lejupvērstā ietekme uz PCI inflāciju, ko varētu skaidrot ar to, ka mazāku algu un sarukušā brīvo darbvietu skaita dēļ pieauga vajadzība pelnīt iztiku.

Importētā patēriņa uzcelojuma šoks paaugstina importēto patēriņa preču cenas. Modelis rāda, ka šā šoka līmenis ilgstoši pārsniedza tā vidējo līmeni 2008. gadā, t.i., laikā, kad patēriņa preferences šoks jau bija rimis vai pat kļuvis negatīvs, un tas sakrita ar laiku, kad bija augstāks nekā vidējais ārvalstu inflācijas šoks (ko neietekmēja iekšzemes bloks, jo novērtēts atsevišķi) un augstākas jēlnaftas un dabasgāzes cenas. Iespējams, ka importētā patēriņa uzcelojuma šoks atspoguļo

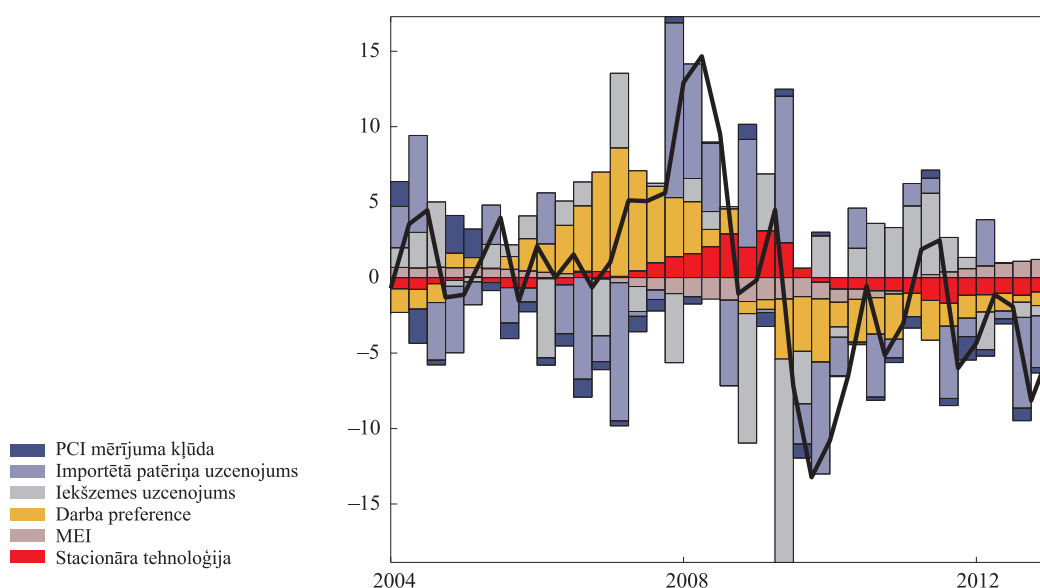
enerģijas cenas kāpumu, jo šī cena pati par sevi modelī nav atspoguļota, bet ietverta ārvalstu inflācijas rādītājā. Acīmredzot šis rādītājs nespēj pilnībā izteikt importēto preču cenas, tāpēc pārējo absorbē uzcenojuma šoks. Piemēram, dabasgāzes cena ietekmē apkures rēķinus. Faktiski 2008. gadā rēķini par patērēto siltumu palielinājās, un to devums gada inflācijā tajā laikā veidoja līdz pat 3 procentu punktiem. Kopumā modelis liecina, ka importētā patēriņa uzcenojuma šoks 2008. gadā noteica aptuveni pusi no gada inflācijas.

Iekšzemes uzcenojuma šoks ietekmē iekšzemes izlaides robežizmaksas atsevišķi no ārvalstu uzcenojuma šokiem. Modelis rāda, ka 2009. gadā bija vairāki negatīvi iekšzemes uzcenojuma šoki (iespējams, darba tirgus situācijas uzlabošanās, valsts sektora reformu, atliktu investīciju projektu vai uzņēmumu dividendu izmaksu dēļ) un 2010. gada beigās un 2011. gadā daļēji atjaunojās līdzsvars, veicinot PCI kāpumu.

Finanšu frikciju iekļaušana modelī nedaudz samazina MEI un stacionāras tehnoloģijas šoku ietekmi uz PCI inflāciju (sk. 11. att.).

11. attēls

PCI dekompozīcija (2004. gada 1. cet.–2012. gada 4. cet.; bāzes modelis)



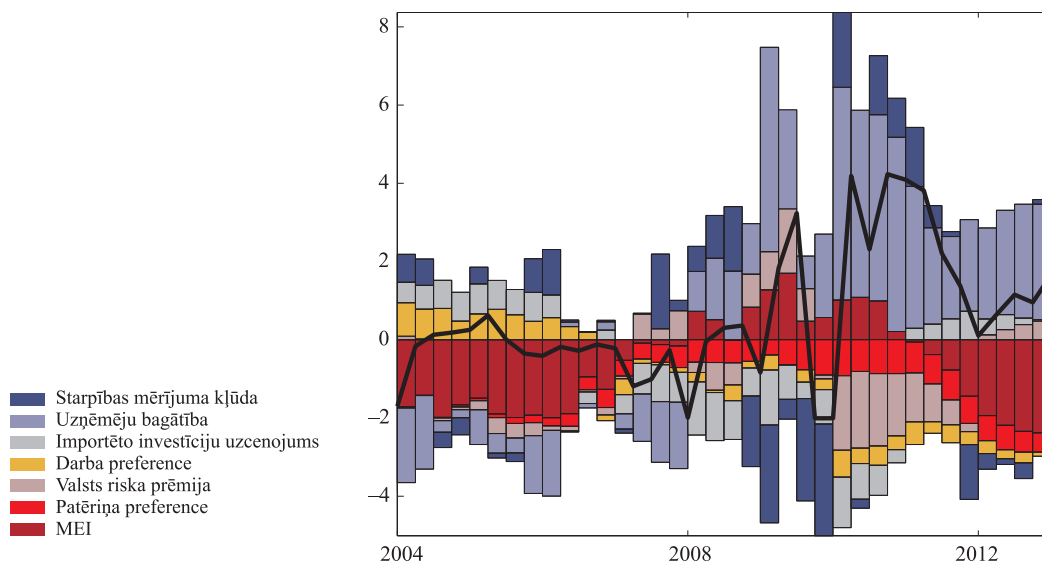
Piezīme. Attēloti tikai šoki, kas vismaz vienā periodā ir lielāki par 1.5 procentu punktiem.

Procentu likmju starpība

12. attēlā redzams, ka uzņēmēju bagātības šoks ir procentu likmju starpības galvenais noteicējs. Palielināto procentu likmju starpību 2008. gadā var izskaidrot galvenokārt ar negatīvo īslaicīgo bagātības šoku. To ietekmēja arī MEI šoks, tomēr atšķirīgā veidā un recesijas posmā mazāk nekā bagātības šoks. Faktiski tas veicināja procentu likmju starpības sarukumu (līdzīgi bagātības šokam, tikai lielākā mērā) uzplaukuma periodā un 2011. un 2012. gadā (neitralizējot bagātības šoku).

12. attēls

Procentu likmju starpības dekompozīcija (2004. gada 1. cet.–2012. gada 4. cet.)



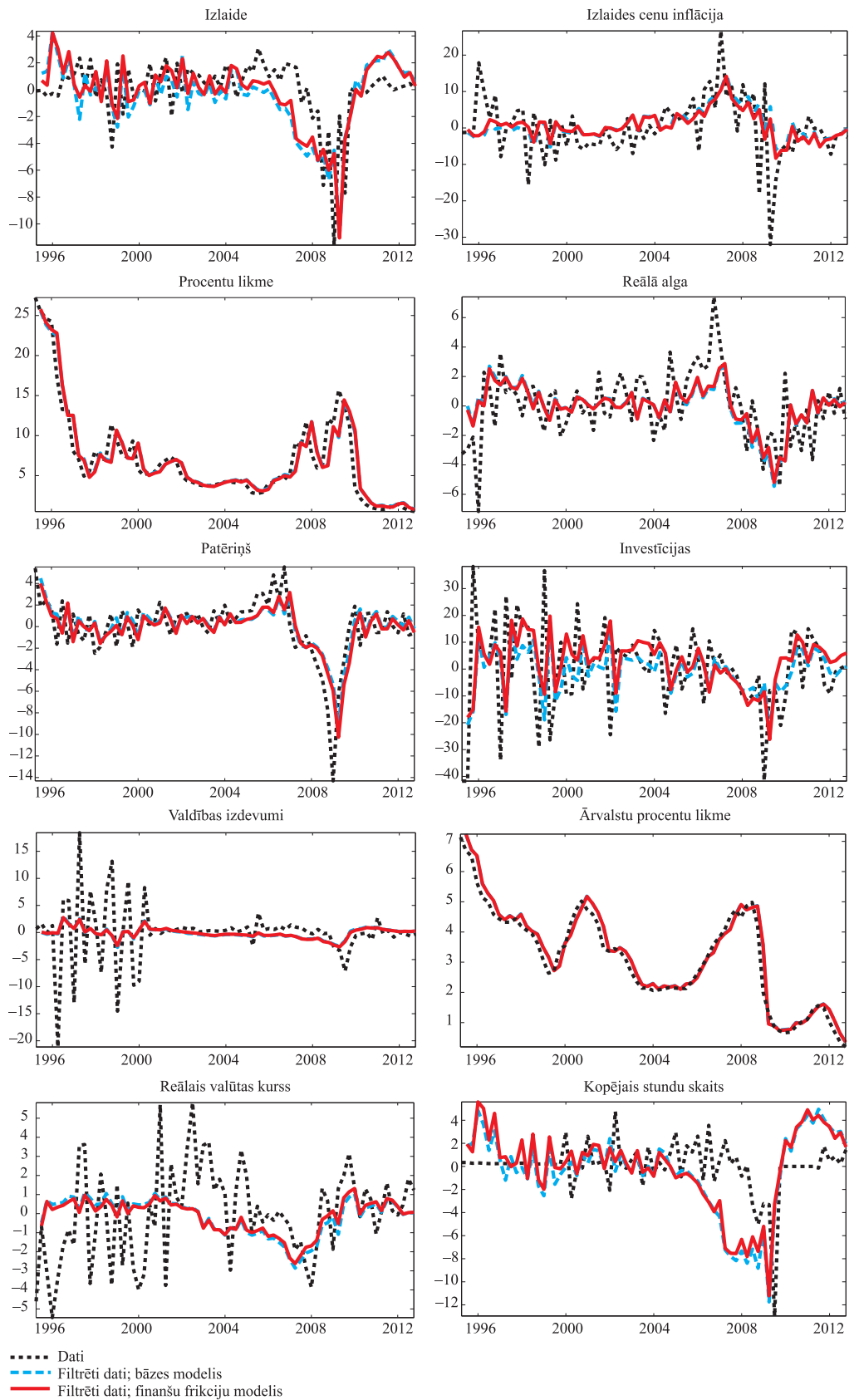
Piezīmes. Finanšu frikciju modelis. Attēloti tikai šoki, kas vismaz vienā periodā ir lielāki par 0.8 procentu punktiem.

3.5. Prognozēšanas sniegums

13. attēlā sniegta bāzes modeļa un finanšu frikciju modeļa visu novēroto rādītāju prognozes vienu periodu uz priekšu. Tās nav patiesas ārpusizlases prognozes tāpēc, ka modelis kalibrēts vai novērtēts visam izlases periodam (1995. gada 1. ceturksnis–2012. gada 4. ceturksnis). Tomēr iegūtie skaitļi norāda uz modeļu aptuvenu prognozēšanas sniegumu. Īpaši vērtīgi pārbaudīt, vai ar modeļiem var iegūt nenovirzītas prognozes. Rezultāti liecina, ka ar šiem modeļiem iegūtās prognozes ir samērā labas. Nav novērotas būtiskas novirzes, izņemot attiecībā uz PCI inflāciju, kura šķiet nedaudz paaugstināta. Kopējā nostrādāto darba stundu skaita prognozes ir samērā svārstīgas, radot svārstīgumu IKP datu laikrindā. Pozitīvi ir tas, ka 2009. gada procentu likmju starpības pieaugums prognozēts iepriekš.

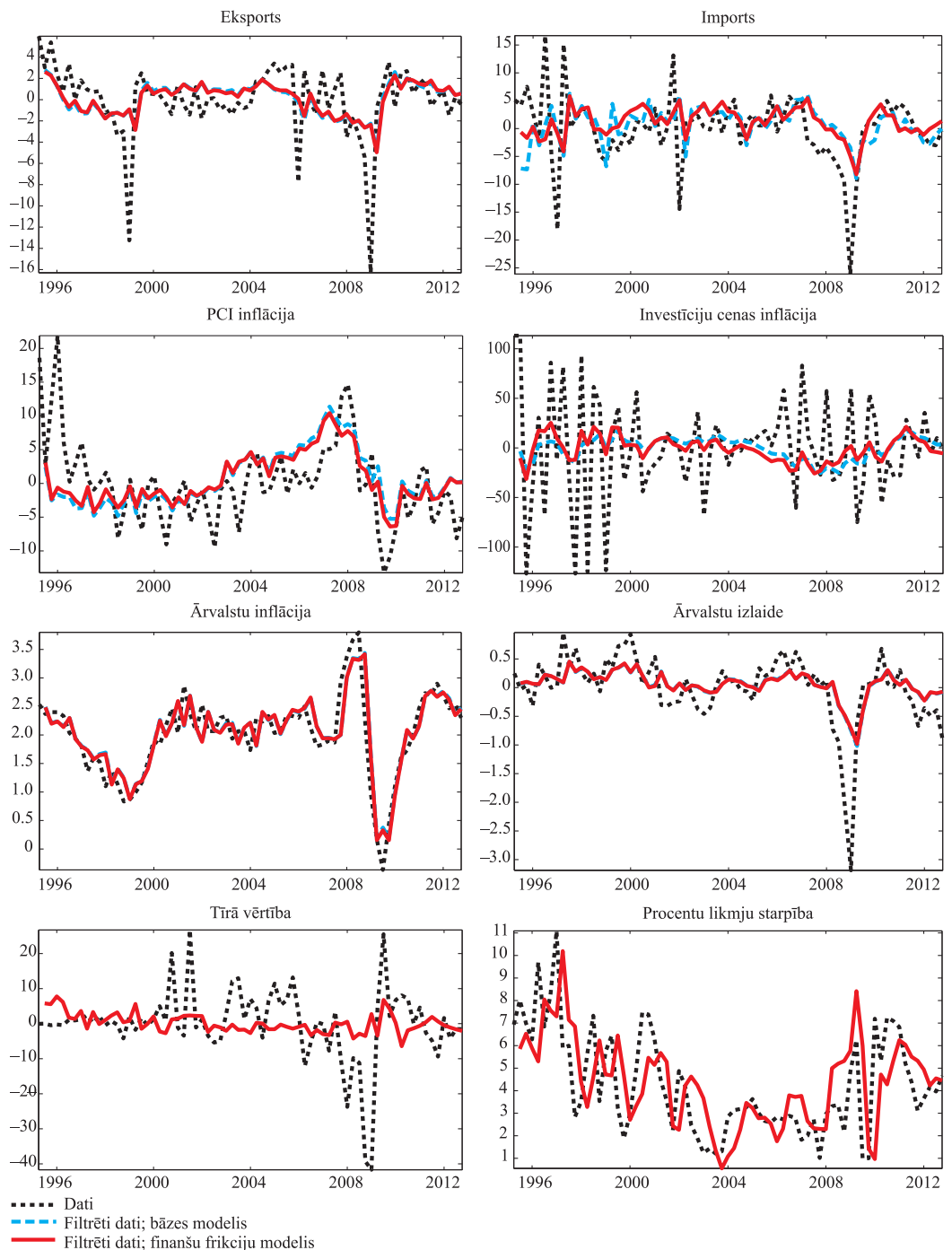
13. attēls

Prognozēšana vienu periodu uz priekšu



13. attēls (turpinājums)

Prognozēšana vienu periodu uz priekšu



9. tabulā sniegti bāzes modeļa un finanšu frikciju modeļa prognozēšanas rezultāti salīdzinājumā ar gadījuma klejošanas modeli (ceturkšņa pieauguma tempa izteiksmē), prognozējot PCI inflāciju un IKP vienam ceturksnim, četriem, astoņiem un 12 ceturkšņiem. Tiek aplūkoti arī Beijesa SVAR (izmantojot ārvalstu SVAR struktūru un līdzīgus aprioros sadalījumus) prognozēšanas rezultāti, jo to literatūrā

bieži pieņem par etalonu¹². 9. tabula rāda, ka abu modeļu šo divu rādītāju prognozes visiem aplūkotajiem periodiem ir vismaz tikpat precīzas kā ar gadījuma klejošanas modeli iegūtās prognozes. Salīdzinājumā ar gadījuma klejošanas modeli tie sniedz aptuveni par 30% labāku prognozi divu līdz triju gadu periodam un aptuveni tādu pašu prognozi viena ceturkšņa periodam. Turklāt salīdzinājumā ar bāzes modeli finanšu frikciju modelis sniedz nedaudz precīzākas PCI inflācijas un IKP prognozes un ar SVAR rezultātiem salīdzināmu prognožu precizitāti.

Ja aprēķinus atkārtoti veic tikai par izlases pēdējiem 10 gadiem, finanšu frikciju modeļa rezultāti ir aptuveni tikpat precīzi kā bāzes modeļa un SVAR rezultāti (sk. 10. tabulu). Tādējādi modeli var izmantot ne tikai politikas izpētē, bet arī prognozēšanas mērķiem. CTW arī ieguvuši šā pētījuma aprēķiniem līdzīgus prognozēšanas rezultātus, secinot, ka finanšu frikciju modelis ir nedaudz precīzāks par bāzes modeli.

9. tabula

RMSE un MAE salīdzinājumā ar gadījuma klejošanas modeli

Modelis	Distances mērījums	1 ceturksnis		4 ceturkšņi		8 ceturkšņi		12 ceturkšņu	
		π^c	Δy	π^c	Δy	π^c	Δy	π^c	Δy
Bāzes	RMSE	1.04	1.03	0.82	0.75	0.67	0.65	0.71	0.64
	MAE	0.99	1.28	0.86	0.79	0.74	0.64	0.71	0.67
Finanšu frikciju	RMSE	0.99	0.96	0.79	0.70	0.65	0.64	0.68	0.64
	MAE	0.92	1.15	0.81	0.69	0.70	0.58	0.66	0.60
Beijesa SVAR	RMSE	0.86	0.72	0.71	0.81	0.62	0.68	0.63	0.66
	MAE	0.89	0.71	0.70	0.77	0.62	0.62	0.58	0.61

Piezīmes. Skaitlis, kas lielāks par vienību, liecina, ka modeļa prognoze ir neprecīzāka par gadījuma klejošanas modeļa prognozi. Jāņem vērā, ka šis nav patiess ārpusizlases prognozēšanas rezultāts, jo ar modeļiem novērtēts viss izlases periods (1995. gada 1. cet.–2012. gada 4. cet.).

10. tabula

RMSE un MAE salīdzinājumā ar gadījuma klejošanas modeli izlases pēdējo 10 gadu datiem

Modelis	Distances mērījums	1 ceturksnis		4 ceturkšņi		8 ceturkšņi		12 ceturkšņu	
		π^c	Δy	π^c	Δy	π^c	Δy	π^c	Δy
Bāzes	RMSE	1.04	1.03	0.75	0.74	0.65	0.61	0.75	0.59
	MAE	1.11	1.41	0.77	0.80	0.72	0.57	0.70	0.54
Finanšu frikciju	RMSE	0.97	0.95	0.70	0.72	0.64	0.67	0.74	0.64
	MAE	1.02	1.25	0.72	0.75	0.69	0.78	0.67	0.73
Beijesa SVAR	RMSE	0.91	0.74	0.75	0.84	0.68	0.67	0.76	0.64
	MAE	0.96	0.75	0.73	0.83	0.69	0.60	0.69	0.53

Piezīmes. Skaitlis, kas lielāks par vienību, liecina, ka modeļa prognoze ir neprecīzāka par gadījuma klejošanas modeļa prognozi. Jāņem vērā, ka šis nav patiess ārpusizlases prognozēšanas rezultāts, jo ar modeļiem novērtēts viss izlases periods (1995. gada 1. cet.–2012. gada 4. cet.).

¹² Konkrētajam Beijesa SVAR modelim ir daži ekonomiski neloģiski novērtētie parametri, jo Latvijas IKP, PCI inflācijas un nominālās procentu likmes datiem nav stabilas un tautsaimniecībai tipiskas saiknes attiecīgajā izlases periodā.

4. SECINĀJUMI

Šajā pētījumā izveidots Latvijas DSGE modelis, kas būtu piemērots izmantošanai Latvijas Bankā kā galvenais makroekonomiskais modelis pašlaik lietotā tradicionālā makroekonometriskā modeļa vietā. Lai veiktu šo uzdevumu, L. Dž. Kristiāno, M. Trābanta un K. Valentīna (5) finanšu frikciju modelis piemērots Latvijas datiem. Monetārajā politikā veiktas pārmaiņas, lai ieviestu nominālās procentu likmes piesaisti ārvalstu procentu likmei. Pētījumā aplūkota modeļa atbilstība, IRF, nosacītas prognožu dispersijas dekompozīcija, šoku vēsturiskā dekompozīcija un prognozēšanas sniegums, kā arī iegūtie rezultāti salīdzināti ar modeļa bez finanšu akseleratora bloka (bāzes modeļa) un CTW secinājumiem.

Galvenie šā pētījuma secinājumi ir šādi. Finanšu frikciju bloka ieviešana nodrošina labvēlīgāku ekonomiskās aktivitātes virzītāj spēku interpretāciju un pieļauj to lomas novērtējuma maiņu. Finanšu frikciju loma 2008. gada recesijā Latvijā bija būtiska. PCI inflācijas un IKP prognozēšanā finanšu frikciju modelis ir precīzāks par bāzes modeli un gadījuma klejošanas modeli, un tā sniegums ir līdzīgs Beijesa SVAR precizitātei.

Kopumā iegūtie rezultāti rāda, ka finanšu frikciju modelis ir piemērots gan politikas analīzei, gan prognožu veikšanai, un tas ir uzlabojums salīdzinājumā ar bāzes modeli bez finanšu frikciju bloka.

PIELIKUMI
A pielikums
A1. tabula
Nosacītās dispersijas dekompozīcija (%; ar modeļa parametru nenoteiktību; viena ceturkšņa prognozes periods; vidējie aposteriorie parametri)

	Apraksts	Modelis	R	π^c	IKP	C	I	$\frac{NX}{IKP}$	H	w	q	N	Starpība
ε_t	Stacionāra tehnoloģija	B	0.0	0.9	1.2	0.2	0.0	0.3	7.2	0.5	0.8		
		F	0.0	0.7	1.1	0.1	0.0	0.8	13.1	0.4	0.6	0.1	0.1
Y_t	MEI	B	0.0	0.0	9.0	1.3	70.0	23.3	6.4	0.4	0.0		
		F	0.0	0.0	3.7	0.0	32.1	12.0	5.7	0.2	0.0	18.2	17.4
ζ_t^c	Patēriņa preference	B	0.0	0.0	1.9	72.8	0.1	0.7	1.4	0.0	0.0		
		F	0.0	0.1	6.9	75.1	0.2	4.2	5.1	0.2	0.1	0.2	0.1
ζ_t^h	Darba preference	B	0.0	3.8	1.8	1.2	0.1	0.2	2.2	40.1	3.2		
		F	0.0	2.8	1.2	0.8	0.5	1.0	2.3	34.5	2.3	0.9	0.7
τ_t^d	Uzcenojums, iekšzemes	B	0.0	36.8	1.6	0.2	0.1	0.4	1.0	44.0	30.5		
		F	0.0	29.7	2.4	0.1	0.1	0.8	1.8	46.0	24.8	0.6	0.0
τ_t^x	Uzcenojums, eksports	B	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.1	1.1	0.0	0.0		
		F	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.3	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0
τ_t^{mc}	Uzcenojums, imports patēriņam	B	0.0	42.7	1.4	0.1	0.0	0.8	1.0	0.0	36.3		
		F	0.0	53.8	4.6	0.0	0.0	2.6	3.4	0.0	46.1	0.1	0.0
τ_t^{mi}	Uzcenojums, imports investīcijām	B	0.1	2.4	29.0	0.1	10.6	41.7	41.8	0.6	2.0		
		F	0.0	0.5	16.9	0.0	6.7	29.0	24.3	0.3	0.4	6.9	7.1
τ_t^{mx}	Uzcenojums, imports izdevumiem	B	0.1	0.1	44.8	0.1	0.1	29.8	33.2	0.3	0.1		
		F	0.0	0.1	39.8	0.0	0.1	30.9	31.7	0.2	0.1	0.2	0.2
γ_t	Uzņēmēju bagātība	B											
		F	0.0	0.0	5.4	0.1	37.7	11.9	1.5	0.2	0.0	53.2	52.3
$\tilde{\Phi}_t$	Valsts riska prēmija	B	97.5	0.1	0.9	2.3	4.1	1.9	0.6	0.9	0.1		
		F	97.6	0.2	2.4	3.0	10.5	5.1	0.6	2.2	0.2	12.9	5.8
$\mu_{z,t}$	Vienības saknes tehnoloģija	B	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2	0.3	0.0	0.1	0.1		
		F	0.1	0.0	0.2	0.0	0.1	0.4	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0
$\varepsilon_{R^*,t}$	Ārvalstu procentu likme	B	1.5	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0		
		F	1.4	0.0	0.1	0.2	0.3	0.2	0.0	0.1	0.0	0.3	0.1
$\varepsilon_{y^*,t}$	Ārvalstu izlaide	B	0.7	0.0	0.0	0.3	0.3	0.4	0.0	0.1	0.0		
		F	0.7	0.0	0.0	0.4	0.2	0.5	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0
$\varepsilon_{R^*,t}$	Ārvalstu inflācija	B	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1		
		F	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
	5 ārvalstu*	B	99.8	0.1	1.0	2.7	4.8	2.8	0.7	1.1	0.3		
		F	100.0	0.3	2.7	3.5	11.2	6.3	0.6	2.5	0.4	13.3	6.0
	Visi ārvalstu**	B	100.0	45.4	77.9	3.0	15.5	75.2	77.9	2.1	38.7		
		F	100.0	54.6	67.2	3.6	18.1	69.1	62.6	3.1	47.0	20.5	13.3

* "5 ārvalstu" ietver ārvalstu stacionāro šoku R_t^* , π_t^* , Y_t^* , valsts riska prēmijas šoka $\tilde{\Phi}_t$ un pasaules mēroga vienības saknes neitrālas tehnoloģijas šoka $\mu_{z,t}$ summu.

** "Visi ārvalstu" ietver piecus minētos šokus, kā arī importa un eksporta uzcenojuma šokus τ_t^{mc} , τ_t^{mi} , τ_t^{mx} un τ_t^x .

Piezīme. B ir bāzes modelis, F – finanšu frikciju modelis.

A2. tabula

Nosacītās dispersijas dekompozīcija (%; ar modeļa parametru nenoteiktību; četrus ceturkšņu prognozes periods; vidējie aposteriorie parametri)

	Apraksts	Modelis	R	π^c	IKP	C	I	$\frac{NX}{IKP}$	H	w	q	N	Starpība
ε_t	Stacionāra tehnoloģija	B	0.0	1.9	0.9	0.3	0.1	0.2	6.1	0.9	1.6		
		F	0.0	1.2	0.8	0.1	0.0	0.7	11.0	0.6	1.0	0.2	0.1
Y_t	MEI	B	0.9	0.3	14.4	1.6	74.4	53.3	6.2	1.2	0.2		
		F	0.1	0.1	3.7	0.1	26.2	9.3	4.9	0.4	0.1	18.4	18.8
ζ_t^c	Patēriņa preference	B	0.0	0.1	1.9	78.9	0.4	1.7	1.6	0.1	0.1		
		F	0.0	0.2	8.8	82.0	0.2	12.9	7.0	0.2	0.2	0.2	0.1
ζ_t^h	Darba preference	B	0.0	11.2	3.4	2.3	0.4	0.5	3.9	44.6	9.6		
		F	0.0	8.1	2.7	1.4	0.4	3.0	3.9	38.8	6.9	1.3	0.4
τ_t^d	Uzcenojums, iekšzemes	B	0.0	32.7	1.2	0.2	0.1	0.1	0.8	38.5	27.8		
		F	0.0	27.3	1.8	0.1	0.1	0.3	1.5	39.9	23.3	0.6	0.0
τ_t^x	Uzcenojums, eksports	B	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0		
		F	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.2	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
τ_t^{mc}	Uzcenojums, imports patēriņam	B	0.0	39.3	1.1	0.1	0.0	0.5	0.9	1.3	34.2		
		F	0.0	50.9	3.7	0.0	0.0	1.5	3.0	2.3	44.4	0.1	0.0
τ_t^{mi}	Uzcenojums, imports investīcijām	B	0.5	3.1	30.2	0.2	8.8	23.3	43.1	0.7	2.6		
		F	0.0	0.6	18.6	0.0	6.3	9.7	27.4	0.2	0.5	7.0	6.8
τ_t^{mx}	Uzcenojums, imports izdevumiem	B	0.2	0.1	39.7	0.1	0.1	11.0	32.6	0.3	0.1		
		F	0.1	0.1	35.8	0.1	0.1	13.0	30.3	0.2	0.1	0.2	0.1
γ_t	Uzņēmēju bagātība	B											
		F	0.1	0.3	9.4	0.1	46.5	31.5	1.7	0.7	0.3	52.0	67.3
$\tilde{\Phi}_t$	Valsts riska prēmija	B	93.5	0.2	1.1	2.4	5.2	6.7	0.7	1.3	0.2		
		F	95.0	0.6	2.7	3.7	11.4	14.7	0.9	3.5	0.5	13.5	2.3
$\mu_{z,t}$	Vienības saknes tehnoloģija	B	1.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.9	0.0	0.3	0.3		
		F	1.0	0.1	0.2	0.0	0.2	1.1	0.0	0.3	0.3	0.1	0.0
$\varepsilon_{R^*,t}$	Ārvalstu procentu likme	B	1.6	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.0	0.1	0.0		
		F	1.5	0.1	0.1	0.2	0.4	0.6	0.0	0.1	0.0	0.3	0.1
$\varepsilon_{y^*,t}$	Ārvalstu izlaide	B	2.1	0.1	0.1	0.3	0.6	1.2	0.0	0.2	0.2		
		F	2.0	0.0	0.0	0.5	0.3	1.3	0.0	0.3	0.3	0.1	0.0
$\varepsilon_{\pi^*,t}$	Ārvalstu inflācija	B	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1		
		F	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
	5 ārvalstu*	B	98.3	0.5	1.3	3.0	6.4	9.3	0.7	1.9	0.9		
		F	99.6	0.9	3.1	4.4	12.2	17.7	1.0	4.2	1.3	14.0	2.4
	Visi ārvalstu**	B	99.0	43.0	73.4	3.4	15.3	44.1	78.2	4.3	37.8		
		F	99.7	52.5	63.6	4.5	18.7	42.1	63.7	7.1	46.4	21.4	9.3

* "5 ārvalstu" ietver ārvalstu stacionāru šoku R_t^* , π_t^* , Y_t^* , valsts riska prēmijas šoka $\tilde{\Phi}_t$ un pasaules mēroga vienības saknes neitrālas tehnoloģijas šoka $\mu_{z,t}$ summu.

** "Visi ārvalstu" ietver piecus minētos šokus, kā arī importa un eksporta uzcenojuma šokus τ_t^{mc} , τ_t^{mi} , τ_t^{mx} un τ_t^x .

Piezīme. B ir bāzes modelis, F – finanšu frikciju modelis.

A3. tabula

Nosacītās dispersijas dekompozīcija (%; ar modeļa parametru nenoteiktību; 20 ceturkšņu prognozes periods; vidējie aposteriorie parametri)

	Apraksts	Modelis	R	π^c	IKP	C	I	$\frac{NX}{IKP}$	H	w	q	N	Starpība
ε_t	Stacionāra tehnoloģija	B	0.0	1.9	0.9	0.3	0.1	0.1	5.9	1.0	1.6		
		F	0.0	1.3	0.8	0.1	0.0	0.4	10.6	0.7	1.1	0.2	0.1
Y_t	MEI	B	19.6	2.6	15.5	3.5	75.2	59.6	8.0	1.6	2.2		
		F	0.1	0.2	3.8	0.2	26.4	6.6	5.4	0.4	0.2	19.2	17.7
ζ_t^c	Patēriņa preference	B	0.6	0.2	2.6	78.5	0.5	2.0	1.7	0.2	0.1		
		F	2.7	0.7	9.6	82.7	0.3	23.1	7.5	0.4	0.6	0.2	0.6
ζ_t^h	Darba preference	B	0.1	13.4	4.1	2.8	0.8	0.6	4.7	47.5	11.6		
		F	0.3	10.0	3.4	1.8	0.6	3.2	4.8	41.3	8.7	1.3	0.8
τ_t^d	Uzcenojums, iekšzemes	B	0.0	30.6	1.2	0.2	0.1	0.1	0.8	35.9	26.4		
		F	0.0	25.4	1.8	0.0	0.1	0.1	1.5	37.4	22.0	0.6	0.1
τ_t^x	Uzcenojums, eksports	B	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0		
		F	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.1	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
τ_t^{mc}	Uzcenojums, imports patēriņam	B	0.0	37.7	1.1	0.1	0.0	0.3	0.9	1.3	33.2		
		F	0.0	49.1	3.7	0.0	0.0	0.7	3.0	2.4	43.5	0.1	0.0
τ_t^{mi}	Uzcenojums, imports investīcijām	B	1.8	2.9	29.2	0.2	8.7	13.1	41.5	0.7	2.5		
		F	0.1	0.6	17.6	0.0	6.1	4.7	26.0	0.3	0.5	7.1	5.3
τ_t^{mx}	Uzcenojums, imports izdevumiem	B	0.3	0.1	38.2	0.1	0.1	5.8	31.4	0.3	0.1		
		F	0.1	0.1	34.6	0.1	0.1	5.6	29.3	0.2	0.1	0.2	0.1
γ_t	Uzņēmēju bagātība	B											
		F	3.5	2.1	10.5	0.6	47.4	33.0	2.4	1.4	1.8	51.4	68.0
$\tilde{\Phi}_t$	Valsts riska prēmija	B	70.5	0.6	1.2	2.4	5.6	11.4	0.8	1.4	0.6		
		F	84.6	1.0	2.7	3.7	11.6	16.9	1.3	3.6	0.9	13.4	4.5
$\mu_{z,t}$	Vienības saknes tehnoloģija	B	1.5	0.1	0.1	0.2	0.3	1.6	0.0	0.5	0.5		
		F	1.8	0.1	0.2	0.1	0.2	1.5	0.0	0.4	0.4	0.1	0.1
$\varepsilon_{R^*,t}$	Ārvalstu procentu likme	B	1.4	0.1	0.1	0.2	0.3	1.2	0.0	0.1	0.1		
		F	1.6	0.1	0.1	0.2	0.3	0.9	0.0	0.2	0.1	0.3	0.2
$\varepsilon_{y^*,t}$	Ārvalstu izlaide	B	4.0	0.4	0.1	0.3	0.7	4.1	0.0	0.2	0.5		
		F	5.0	0.2	0.0	0.6	0.3	3.2	0.0	0.3	0.5	0.1	0.4
$\varepsilon_{\pi^*,t}$	Ārvalstu inflācija	B	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1		
		F	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
	5 ārvalstu*	B	77.5	1.2	1.5	3.1	6.9	18.3	0.9	2.2	1.7		
		F	93.1	1.5	3.1	4.5	12.4	22.5	1.4	4.5	2.0	14.0	5.2
	Visi ārvalstu**	B	79.7	41.9	71.2	3.5	15.7	37.5	75.7	4.6	37.4		
		F	93.3	51.3	61.4	4.7	18.7	33.5	61.6	7.4	46.0	21.4	10.6

* "5 ārvalstu" ietver ārvalstu stacionāru šoku R_t^* , π_t^* , Y_t^* , valsts riska prēmijas šoka $\tilde{\Phi}_t$ un pasaules mēroga vienības saknes neitrālas tehnoloģijas šoka $\mu_{z,t}$ summu.

** "Visi ārvalstu" ietver piecus minētos šokus, kā arī importa un eksporta uzcenojuma šokus τ_t^{mc} , τ_t^{mi} , τ_t^{mx} un τ_t^x .

Piezīme. B ir bāzes modelis, F – finanšu frikciju modelis.

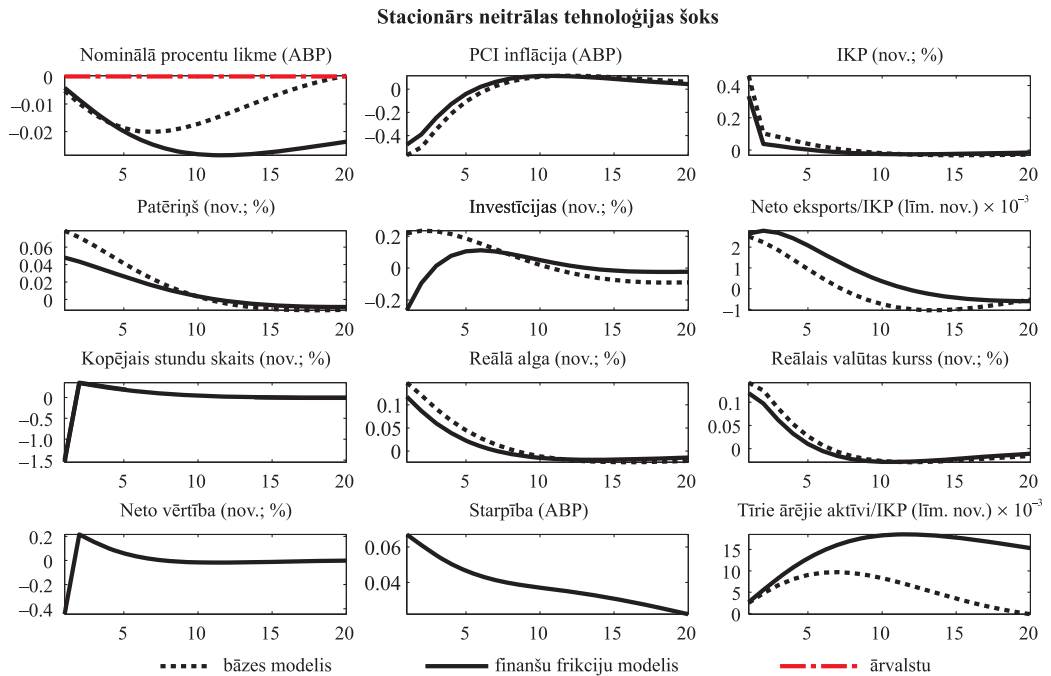
A4. tabula

Gludināto šoku vidējie lielumi un standartnovirze

	Apraksts	Vidējais		Standartnovirze	
		bāzes	fin. frikc.	bāzes	fin. frikc.
$100\mu_z$	Vienības saknes tehnoloģija	0.00	0.00	0.27	0.27
10ε	Stacionāra tehnoloģija	0.00	0.00	0.12	0.11
Υ	MEI	0.01	0.00	0.22	0.15
ζ^c	Patēriņa preference	0.00	0.01	0.12	0.19
ζ^h	Darba preference	-0.04	-0.03	0.66	0.71
$100\check{\phi}$	Valsts riska prēmija	-0.02	-0.02	0.50	0.51
$10g$	Valdības izdevumi	-0.00	-0.01	0.44	0.44
τ^d	Uzcenojums, iekšzemes	0.02	0.02	0.34	0.33
τ^x	Uzcenojums, eksports	-0.02	-0.03	0.74	0.91
$\tau^{m,c}$	Uzcenojums, imports patēriņam	0.09	0.08	0.77	0.71
$\tau^{m,i}$	Uzcenojums, imports investīcijām	0.01	0.01	0.84	0.41
$\tau^{m,x}$	Uzcenojums, imports eksportam	-0.08	-0.12	0.93	1.28
100γ	Uzņēmēju bagātība		-0.02		0.30
$100y^*$	Ārvalstu IKP	-0.07	-0.07	0.26	0.27
$1000\pi^*$	Ārvalstu inflācija	0.01	0.01	0.49	0.49
$100R^*$	Ārvalstu procentu likme	-0.02	-0.02	0.06	0.06
$\varepsilon_{\pi^d}^{me}$	Mērījuma kļūda π^d	0.03	-0.02	2.08	2.29
$\varepsilon_{\pi^c}^{me}$	Mērījuma kļūda π^c	-0.20	-0.20	2.00	1.98
$\varepsilon_{\pi^i}^{me}$	Mērījuma kļūda π^i	-0.42	-0.99	11.01	11.97
ε_w^{me}	Mērījuma kļūda w	0.09	0.09	0.35	0.38
ε_c^{me}	Mērījuma kļūda c	-0.04	-0.01	0.48	0.57
ε_I^{me}	Mērījuma kļūda I	-0.10	-0.14	6.64	4.56
ε_q^{me}	Mērījuma kļūda q	0.05	0.05	1.44	1.45
ε_H^{me}	Mērījuma kļūda H	0.06	0.06	0.26	0.29
ε_y^{me}	Mērījuma kļūda y	-0.01	-0.02	0.41	0.47
ε_x^{me}	Mērījuma kļūda x	-0.09	-0.08	0.45	0.47
ε_M^{me}	Mērījuma kļūda M	-0.14	-0.08	1.55	1.64
ε_g^{me}	Mērījuma kļūda g	0.03	0.04	0.69	0.73
ε_n^{me}	Mērījuma kļūda n		-0.60		5.83
$\varepsilon_{spread}^{me}$	Mērījuma kļūda procentu likmju starpībai		0.00		1.22

A1. attēls

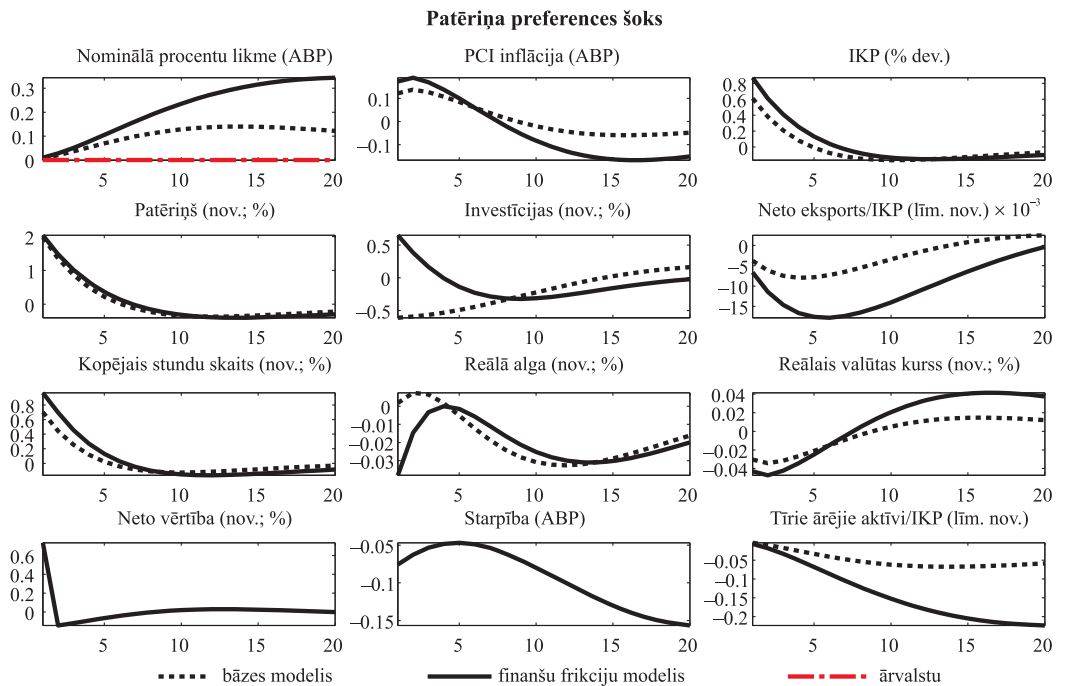
Impulsu reakcijas uz stacionāru neitrālas tehnoloģijas šoku ε_t



Piezīme. Vienības uz y ass izteiktas kā procentuālā novirze (%; nov.) no stabila līdzsvara stāvokļa, ABP vai novirze no līmeņa (līm. nov.).

A2. attēls

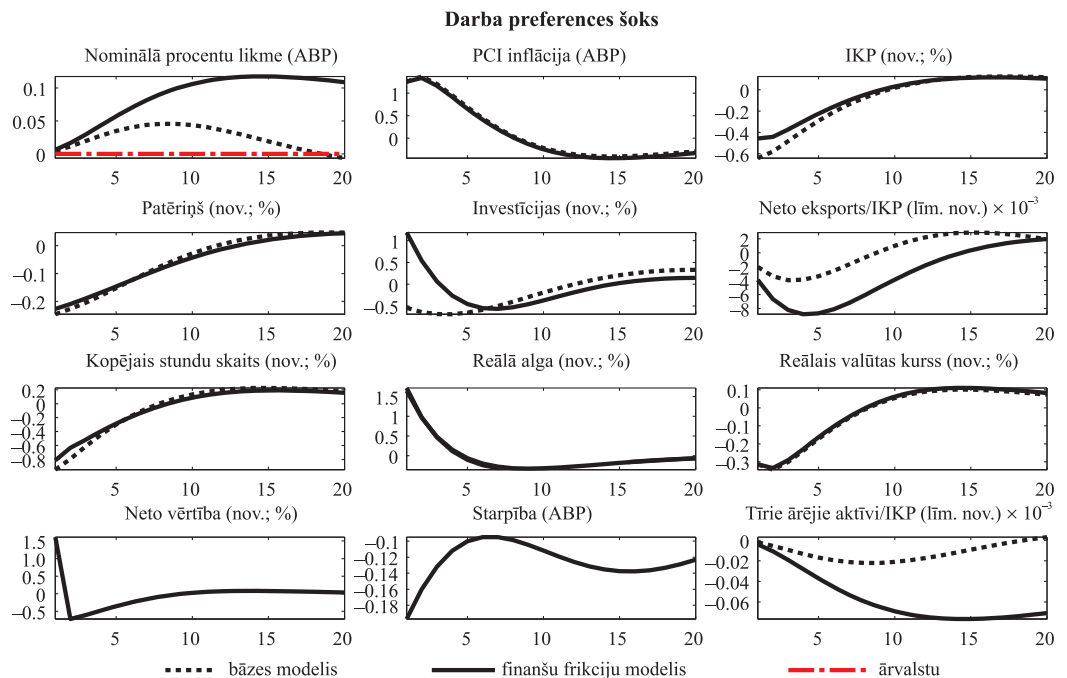
Impulsu reakcijas uz patēriņa preferences šoku ζ_t^c



Piezīme. Vienības uz y ass izteiktas kā procentuālā novirze (nov.; %) no stabila līdzsvara stāvokļa, ABP vai novirze no līmeņa (līm. nov.).

A3. attēls

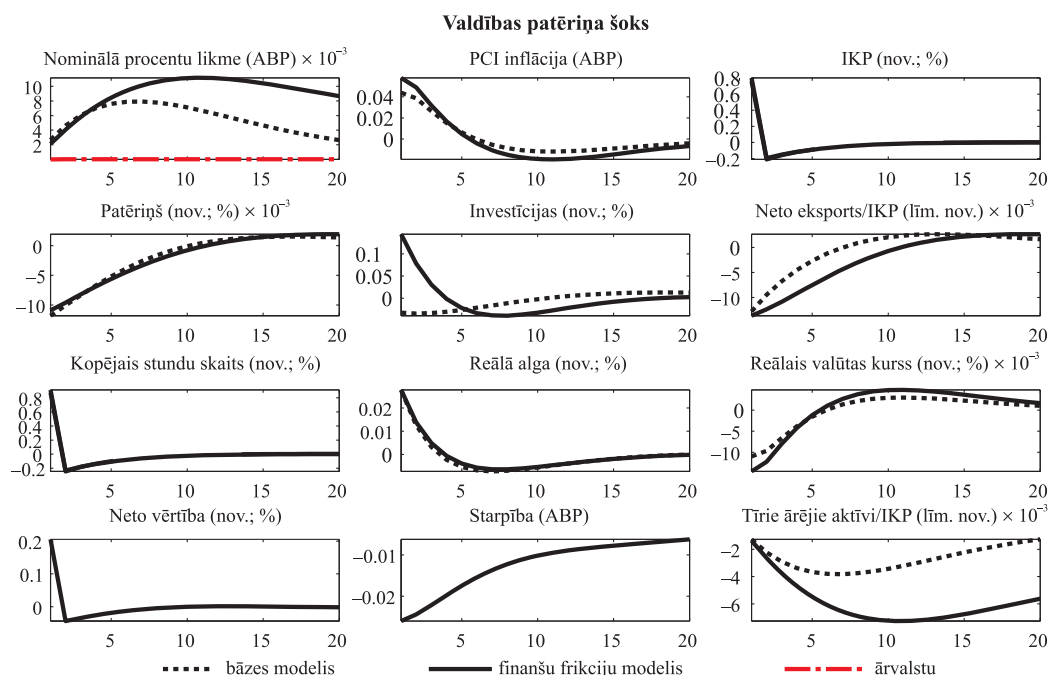
Impulsu reakcijas uz darba preferences šoku ζ_t^h



Piezīme. Vienības uz y ass izteiktas kā procentuālā novirze (nov.; %) no stabila līdzsvara stāvokļa, ABP vai novirze no līmeņa (līm. nov.).

A4. attēls

Impulsu reakcijas uz valdības patēriņa šoku g_t

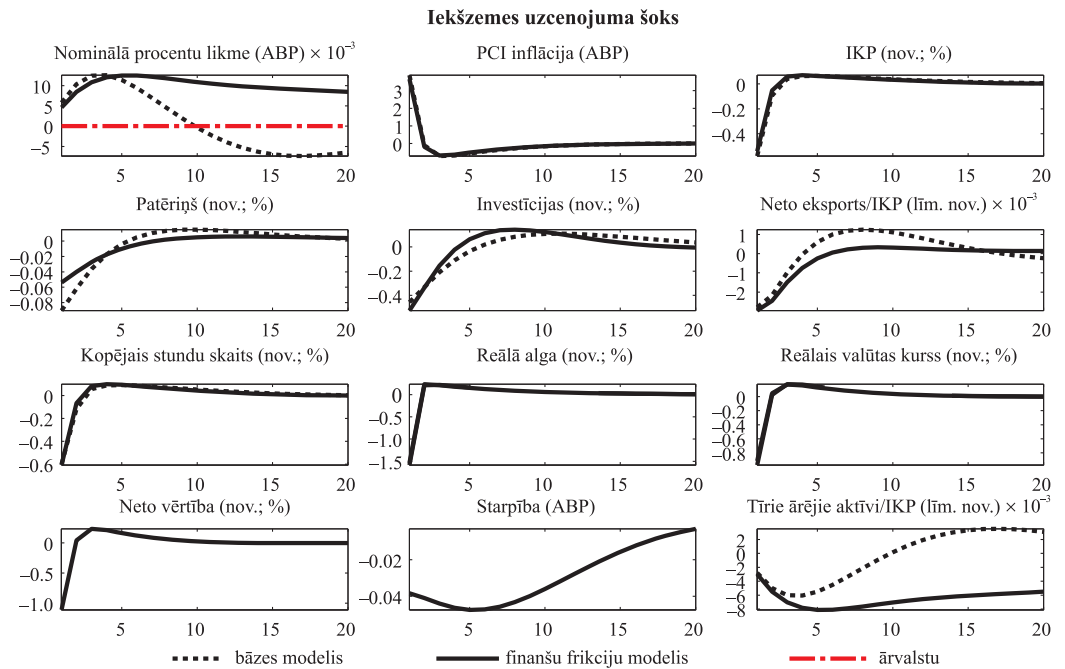


Piezīmes. Vienības uz y ass izteiktas kā procentuālā novirze (nov.; %) no stabila līdzsvara stāvokļa, ABP vai novirze no līmeņa (līm. nov.).

Šajā modelī valdības patēriņš "izspiež" privāto patēriņu. Kopējais patēriņš samazinās sliktākas tīro ārējo aktīvu pozīcijas un ar to saistītā riska prēmijas attiecības pret nominālo procentu likmi kāpuma dēļ, kas uzkrāšanu padara izdevīgāku.

A5. attēls

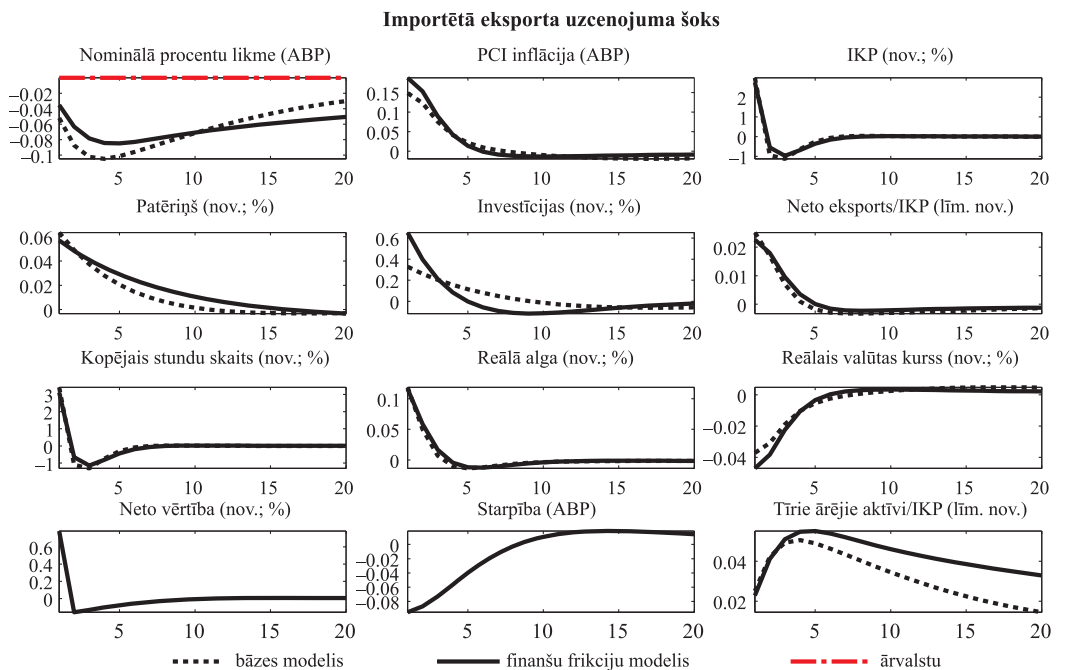
Impulsu reakcijas uz iekšzemes uzcelojuma šoku τ_t^d



Piezīme. Vienības uz y ass izteiktas kā procentuālā novirze (nov.; %) no stabila līdzsvara stāvokļa, ABP vai novirze no līmeņa (līm. nov.).

A6. attēls

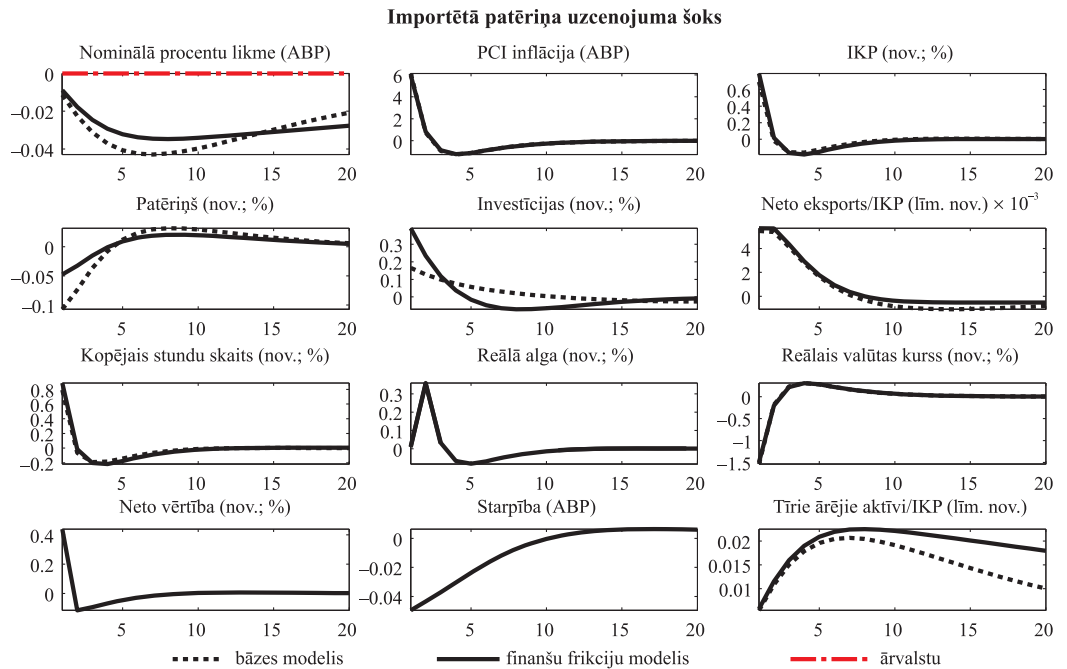
Impulsu reakcijas uz importētā eksporta uzcelojuma šoku τ_t^{mx}



Piezīme. Vienības uz y ass izteiktas kā procentuālā novirze (nov.; %) no stabila līdzsvara stāvokļa, ABP vai novirze no līmeņa (līm. nov.).

A7. attēls

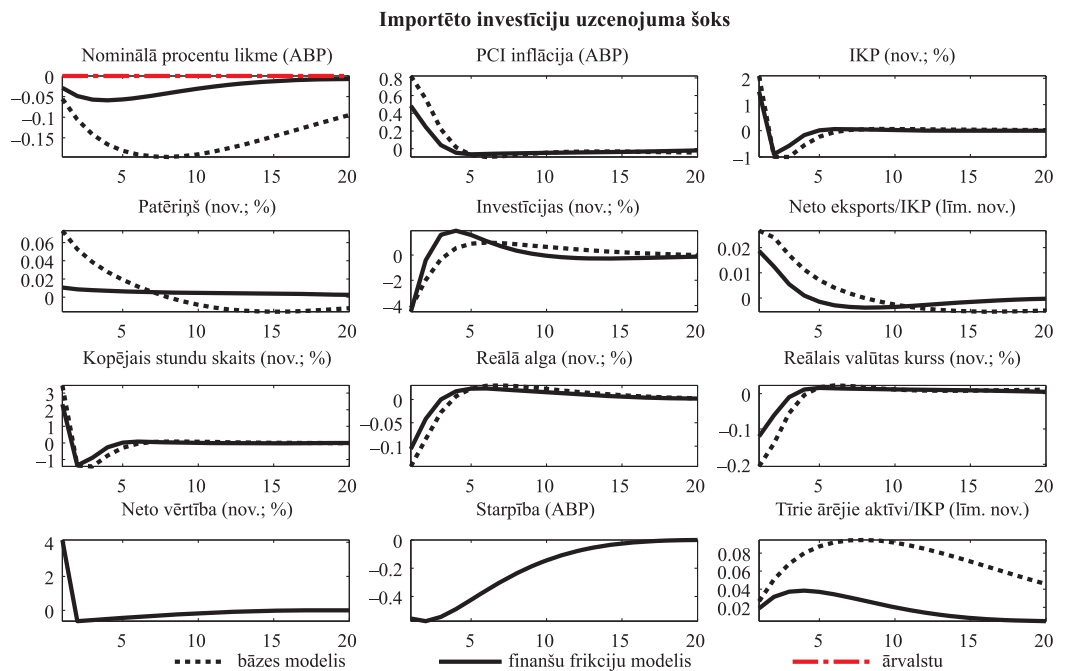
Impulsu reakcijas uz importētā patēriņa uzceļuma šoku τ_t^{mc}



Piezīme. Vienības uz y ass izteiktas kā procentuālā novirze (nov.; %) no stabila līdzsvara stāvokļa, ABP vai novirze no līmeņa (līm. nov.).

A8. attēls

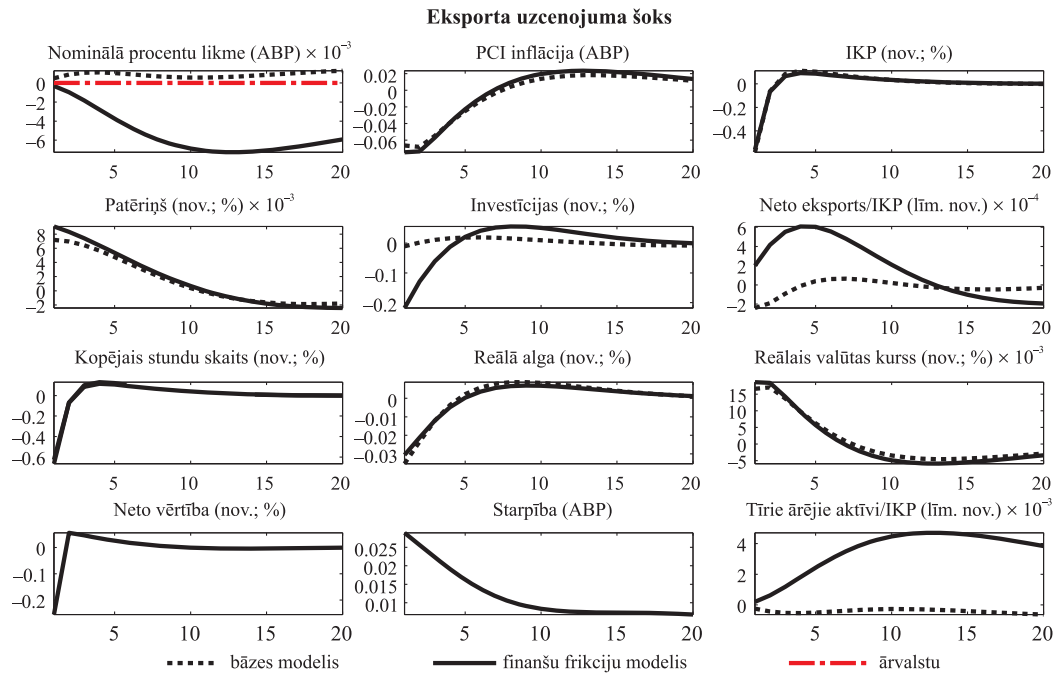
Impulsu reakcijas uz importēto investīciju uzceļuma šoku τ_t^{mi}



Piezīme. Vienības uz y ass izteiktas kā procentuālā novirze (nov.; %) no stabila līdzsvara stāvokļa, ABP vai novirze no līmeņa (līm. nov.).

A9. attēls

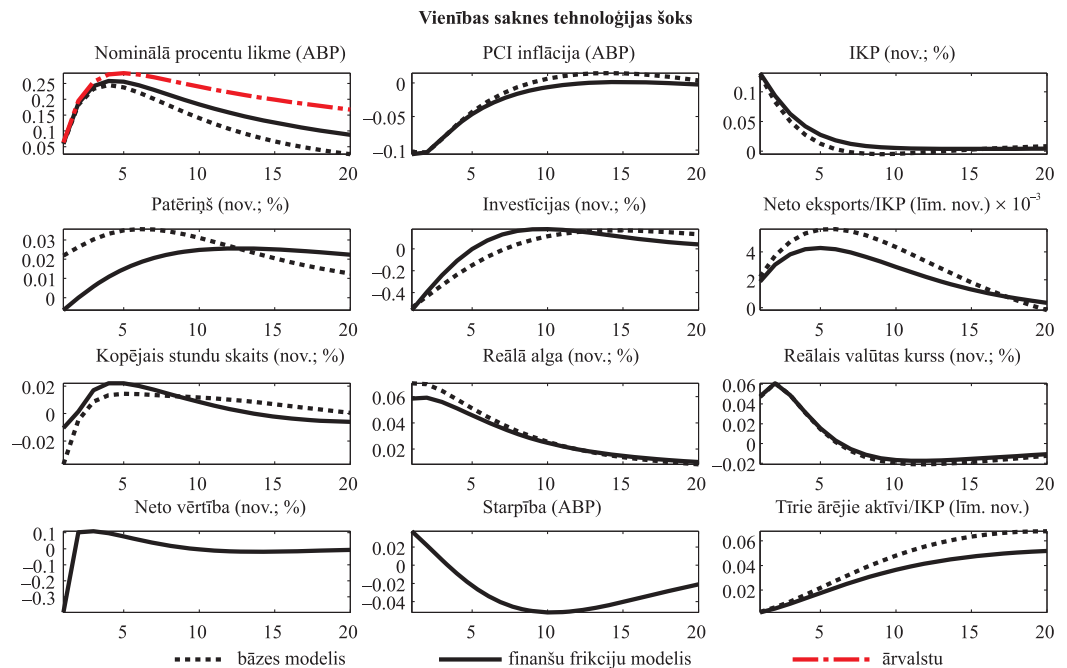
Impulsu reakcijas uz eksporta uzceņojuma šoku τ_t^x



Piezīme. Vienības uz y ass izteiktas kā procentuālā novirze (nov.; %) no stabila līdzsvara stāvokļa, ABP vai novirze no līmeņa (līm. nov.).

A10. attēls

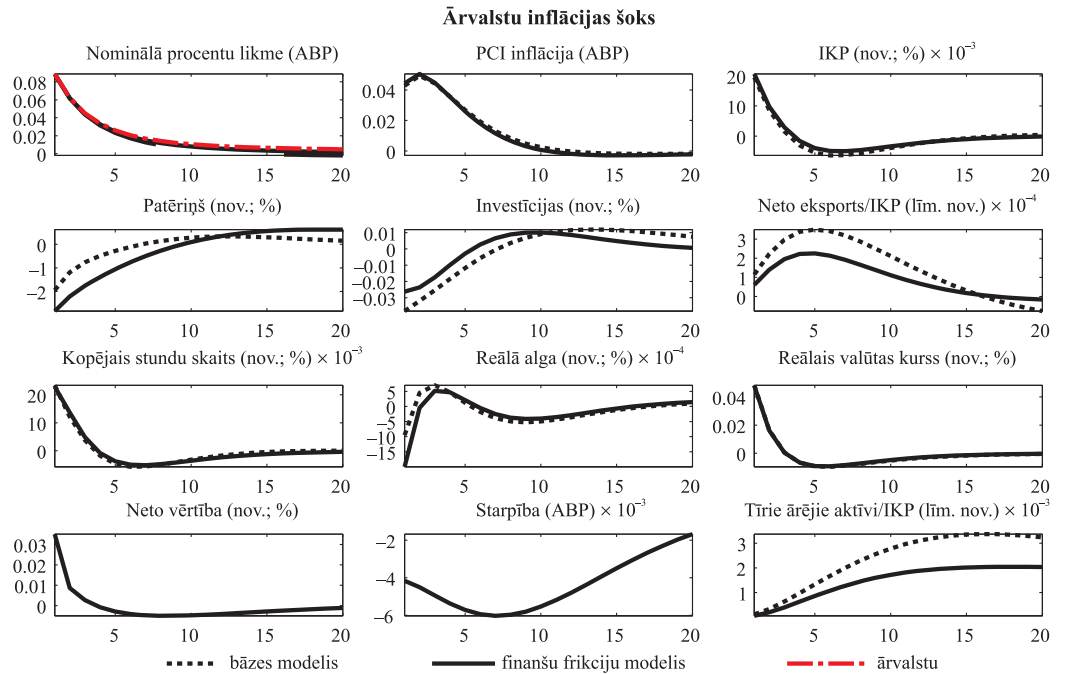
Impulsu reakcijas uz vienības saknes tehnoloģijas šoku $\mu_{z,t}$



Piezīme. Vienības uz y ass izteiktas kā procentuālā novirze (nov.; %) no stabila līdzsvara stāvokļa, ABP vai novirze no līmeņa (līm. nov.).

11. attēls

Impulsu reakcijas uz ārvalstu inflācijas šoku $\varepsilon_{\pi^*,t}$

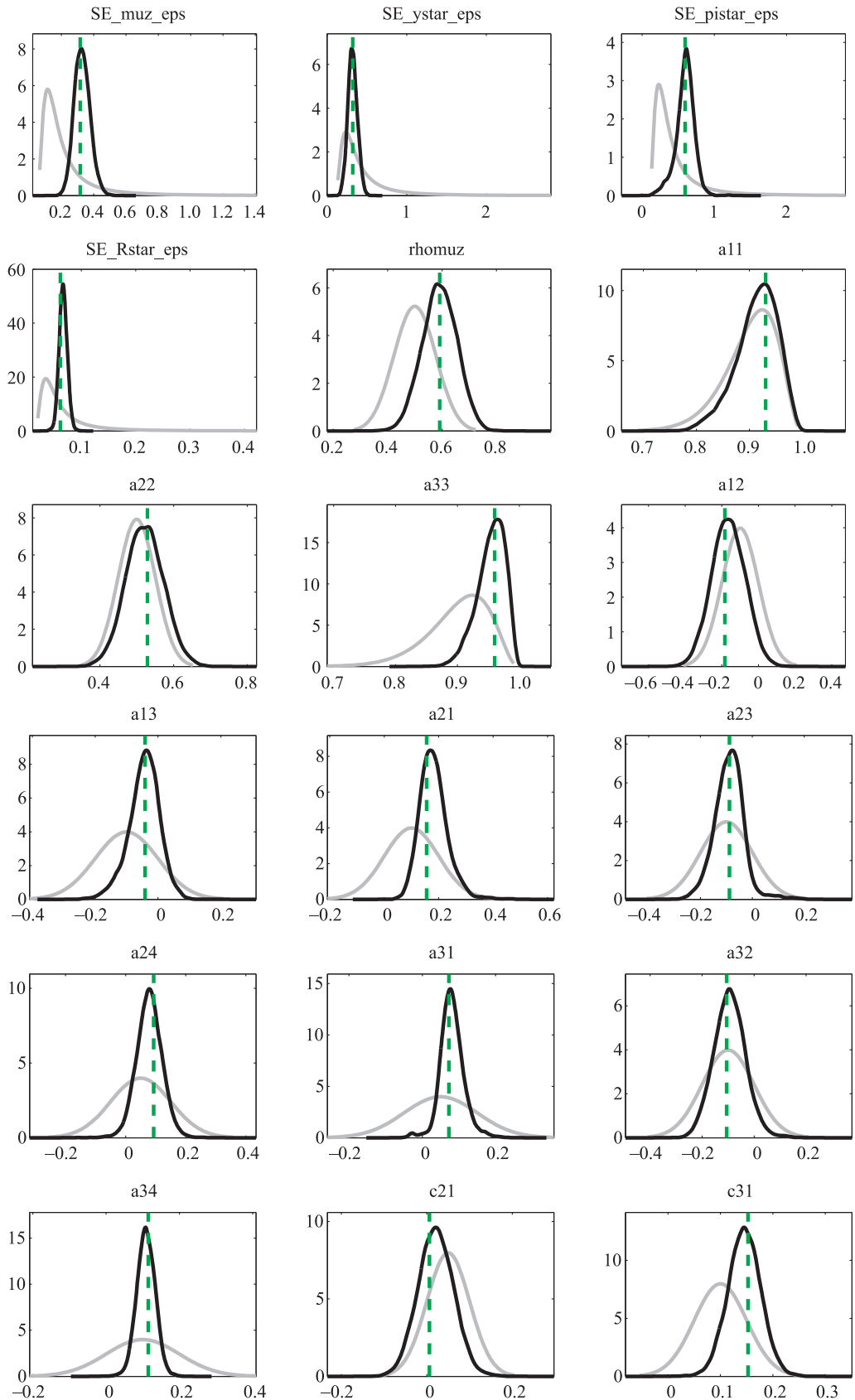


Piezīmes. Vienības uz y ass izteiktas kā procentuālā novirze (nov.; %) no stabila līdzsvara stāvokļa, ABP vai novirze no līmeņa (līm. nov.).

Īslaicīgs pozitīvs ārvalstu inflācijas šoks rada importētā patēriņa un importēto investīciju izmaksu kāpumu. Tāpēc patēriņš un investīcijas samazinās, imports sarūk un IKP pieaug. Tomēr šāda ietekme nav liela.

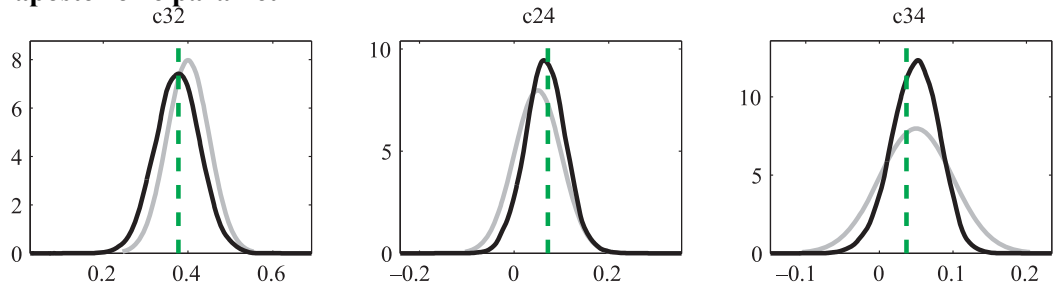
A12. attēls

SVAR apriorie un aposteriorie parametri



A12. attēls (turpinājums)

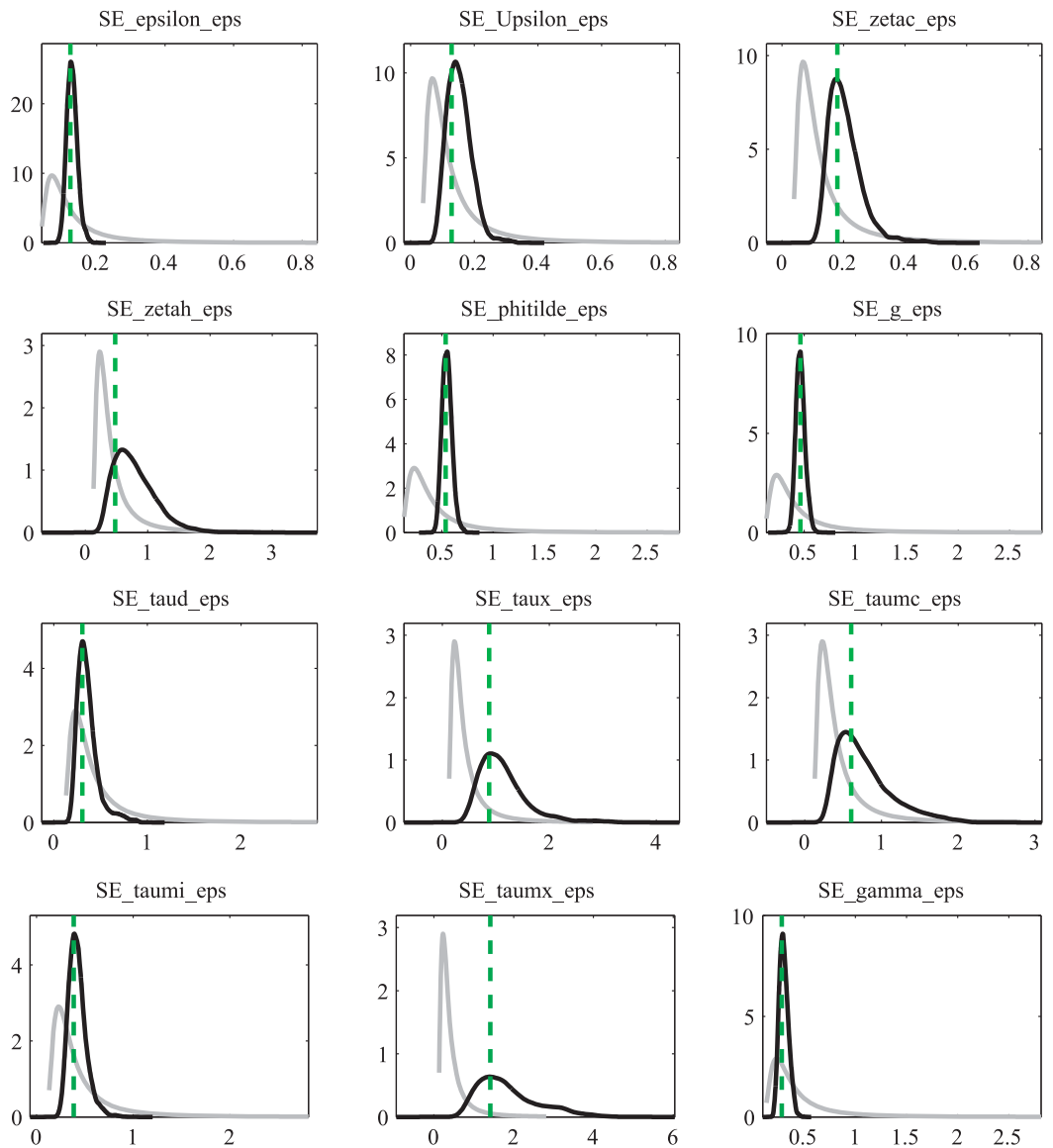
SVAR apriorie un aposteriorie parametri



Piezīme. Aprioro parametru sadalījums attēlots pelēkā krāsā, sadalījuma simulācija – melnā krāsā un aprēķinātie aposteriorie parametri – zaļā krāsā (pārtraukta līnija).

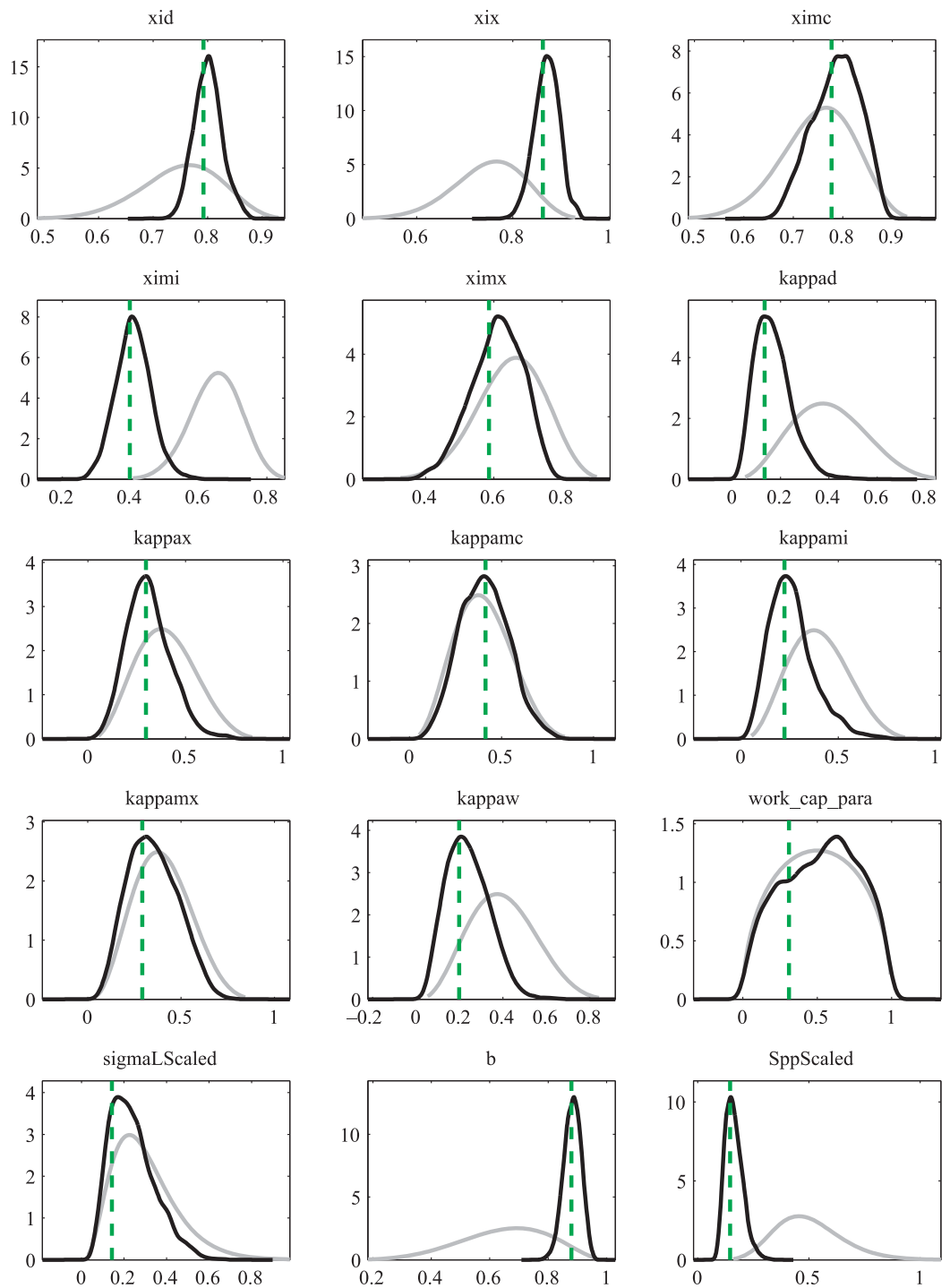
A13. attēls

Apriorie un aposteriorie parametri



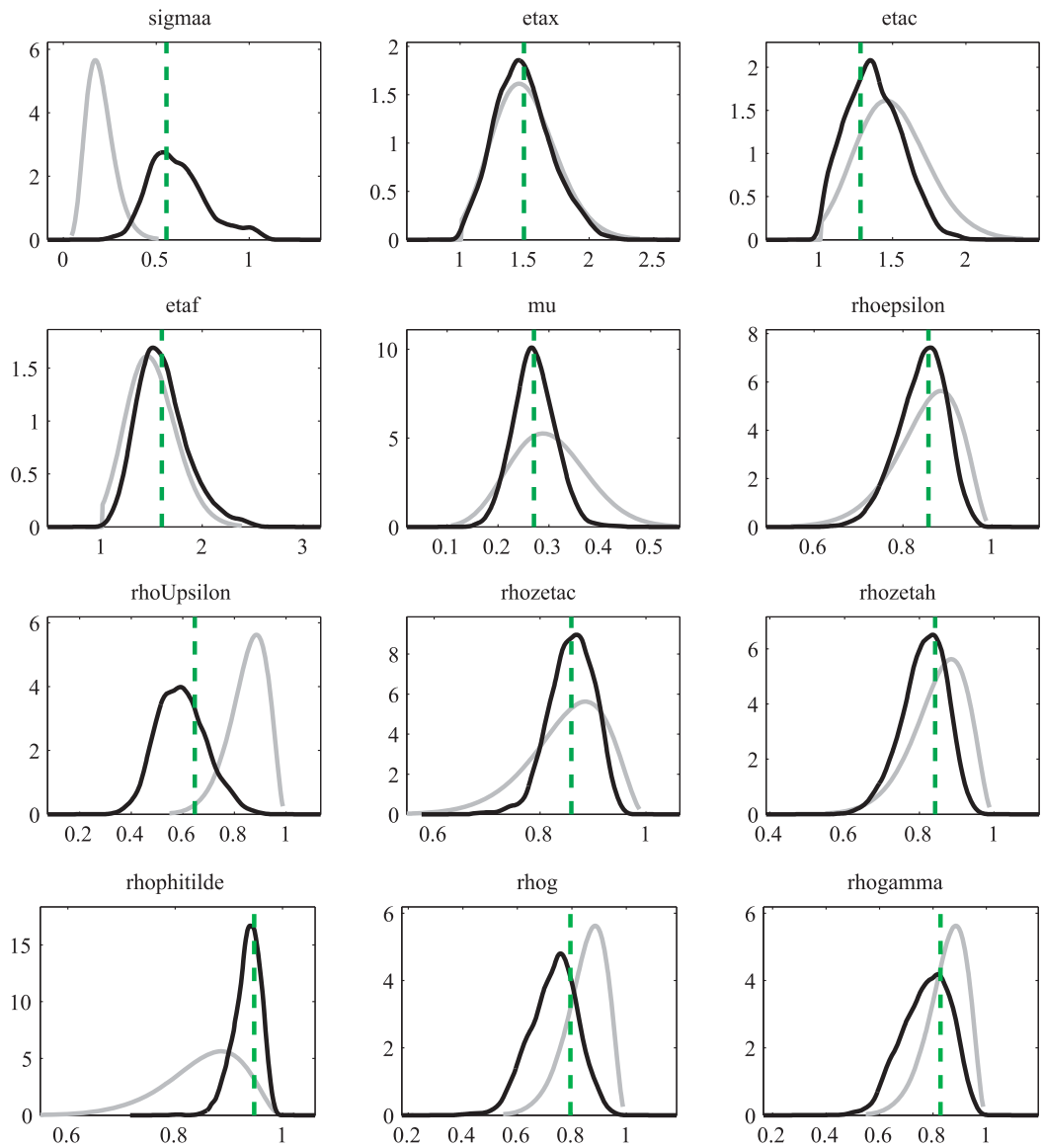
A13. attēls (turpinājums)

Apriorie un aposteriorie parametri



A13. attēls (turpinājums)

Apriorie un aposteriorie parametri



Piezīmes. Finanšu frikciju modelis. Aprioro parametru sadalījums attēlots pelēkā krāsā, sadalījuma simulācija – melnā krāsā un aprēķinātie aposteriorie parametri – zaļā krāsā (pārtraukta līnija).

B pielikums

MODELIS

B1. Bāzes modelis

Atbilstoši 2. nodaļā sniegtajam attēlojumam trīs galaprodukti (preces) – patēriņš, investīcijas un eksports – tiek iegūti, apvienojot homogēnu iekšzemes preci ar katrai galaprecei specifisku ieguldījumu. Turpmākais modeļa raksturojums sāks, analizējot šo preču ražošanu.

B1.1. Homogēnas iekšzemes preces ražošana

Homogēnu iekšzemes preci Y_t ražo, izmantojot šādu vienādību:

$$Y_t = \left[\int_0^1 Y_{i,t}^{1/\lambda_d} di \right]^{\lambda_d}, 1 \leq \lambda_d < \infty \quad [1],$$

kur $Y_{i,t}$ apzīmē starppatēriņa preces un $1/\lambda_d$ – to aizvietojamības pakāpi. Homogēno iekšzemes preci ražo konkurētspējīgs reprezentatīvs uzņēmums, pieņemot, ka izlaides P_t un ielaides $P_{i,t}$ cena ir dota.

Starppatēriņa preces ražotājam i ir šāda ražošanas funkcija:

$$Y_{i,t} = (z_t H_{i,t})^{1-\alpha} \varepsilon_t K_{i,t}^\alpha - z_t^+ \phi \quad [2],$$

kur $K_{i,t}$ apzīmē kapitāla pakalpojumus, kurus izmanto starppatēriņa preces ražotājs i . $\log z_t$ ir tehnoloģiju šoks, kura pirmās starpības vidējais ir pozitīvs lielums un $\log \varepsilon_t$ – stacionārs neitrālas tehnoloģijas šoks, un ϕ apzīmē fiksētas ražošanas izmaksas. Tautsaimniecības izaugsmei ir divi avoti – pozitīva $\log z_t$ gaita un pozitīva $\log \Psi_t$ gaita, kur Ψ_t ir investīcijām raksturīgas tehnoloģijas šoks. Objektu z_t^+ [2] vienādojumā izsaka šādi¹³:

$$z_t^+ = \Psi_t^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} z_t.$$

[2] vienādojumā $H_{i,t}$ apzīmē homogēnus darba pakalpojumus, kurus izmanto starppatēriņa preces ražotājs i .

Uzņēmumi aizņemas darba samaksas fonda daļu ν^f , un vienas vienības darbaspēka izmaksas apzīmē šādi:

$$W_t R_t^f$$

ar

$$R_t^f = \nu^f R_t + 1 - \nu^f \quad [3],$$

kur W_t ir agregēta algas likme un R_t – bezriskā procentu likme aizņēmumiem, ko izmanto kā apgrozāmos līdzekļus (kapitālu).

¹³ Sīkāka informācija par mainīgo mērogošanu apkopota C pielikumā.

Uzņēmuma robežizmaksas, ko dala ar homogēnas preces cenu, apzīmē ar mc_t , un iegūst šādu izteiksmi:

$$mc_t = \tau_t^d \left(\frac{1}{1-\alpha}\right)^{1-\alpha} \left(\frac{1}{\alpha}\right)^\alpha (r_t^k)^\alpha (\bar{w}_t R_t^f)^{1-\alpha} \frac{1}{\varepsilon_t} \quad [4],$$

kur r_t^k ir kapitāla nominālā nomas likme, ko mērogo ar P_t , un $\bar{w}_t = W_t / (z_t^+ P_t)$. τ_t^d ir nodokļu šokam līdzīgs šoks, kas ietekmē robežizmaksas, kuras ražošanas funkcijā nefigurē.¹⁴

Produktīvā efektivitāte nosaka, ka robežizmaksas ir vienādas ar citas vienības robežizmaksām:

$$mc_t = \tau_t^d \frac{(\mu_{\psi,t})^\alpha \bar{w}_t R_t^f}{\varepsilon_t^{1-\alpha} \left(\frac{k_{i,t}}{\mu_{z^+,t} H_{i,t}}\right)^\alpha} \quad [5].$$

Uzņēmumam i ir monopols preces i ražošanā, tāpēc tas nosaka šīs preces cenu. Cenas noteikšana pakļauta Kalvo frikcijām. Ar varbūtību ξ_d starppatēriņa preces ražotājs uzņēmums nevar savu cenu optimizēt, un šajā gadījumā:

$$P_{i,t} = \tilde{\pi}_{d,t} P_{i,t-1}, \tilde{\pi}_{d,t} := (\pi_{t-1})^{\kappa_d} (\bar{\pi}_t^c)^{1-\kappa_d - \dot{\kappa}_d} (\tilde{\pi})^{\dot{\kappa}_d},$$

kur κ_d , $\dot{\kappa}_d$, $\kappa_d + \dot{\kappa}_d \in (0,1)$ ir parametri, π_{t-1} – novēlota inflācija un $\bar{\pi}_t^c$ – centrālās bankas (implicētā) inflācijas mērķa likme. $\tilde{\pi}$ ir skalārs, kas arī ļauj atspoguļot gadījumu, kad uzņēmumi, kas neoptimizē cenu, to nemaina vispār (t.i., $\tilde{\pi} = \dot{\kappa}_d = 1$) vai veic tās indeksāciju tikai līdz stabila līdzsvara stāvokļa inflācijas līmenim (t.i., $\tilde{\pi} = \bar{\pi}$, $\dot{\kappa}_d = 1$). Jāņem vērā, ka stabila līdzsvara stāvoklī pastāv cenu dispersija, ja $\dot{\kappa}_d > 0$ un $\tilde{\pi}$ atšķiras no stabila līdzsvara stāvokļa vērtības π .

Ar varbūtību $1 - \xi_d$ uzņēmums var mainīt cenu. Iekšzemes preces ražotāja i , kam ir iespēja cenu mainīt, uzdevums ir maksimizēt diskontēto peļņu:

$$E_t \sum_{j=0}^{\infty} \beta^j v_{t+j} \{P_{i,t+j} Y_{i,t+j} - mc_{t+j} P_{t+j} Y_{i,t+j}\} \quad [6],$$

ievērojot prasību, ka ražošanas apjoms atbilst pieprasījumam. Iepriekšējā izteiksmē v_t ir Lagranža (*Lagrange*) reizinātājs mājsaimniecību budžeta ierobežojumam. Ar to mēra vienas vienības peļņas robežvērtību mājsaimniecībai naudas izteiksmē. Stabīlā līdzsvara stāvoklī, kad uzņēmums savu cenu var atkārtoti optimizēt, tas izmanto to, lai maksimizētu savu diskontēto peļņu, ievērojot cenu noteikšanas frikcijas un prasību, ka tiek apmierināts pieprasījums, to izsakot šādi:

$$\left(\frac{P_t}{P_{i,t}}\right)^{\lambda_d} Y_t = Y_{i,t} \quad [7].$$

Līdzsvara nosacījumi, kas saistīti ar cenu veidošanas uzdevumu, un to iegūšana aplūkota C pielikumā.

¹⁴ Modeļa linearizētā variantā, kur stabila līdzsvara stāvoklī nav cenu vai algu kropļojumu, τ_t^d ir izomorfs pret pārmaiņām λ_d parametrā, t.i., uzcenojuma šokā.

Iekšzemes starppatēriņa preces sadalījums starp izlietojuma alternatīvām ir šāds:

$$Y_t = G_t + C_t^d + I_t^d + \int_0^1 X_{i,t}^d di \quad [8],$$

kur G_t apzīmē valdības patēriņu (kas pilnībā sastāv tikai no iekšzemes preces), C_t^d ir izlietotās starppatēriņa preces, lai saražotu mājsaimniecību galapatēriņa preces (papildus izmantojot ārvalstu patēriņa preces), un I_t^d ir iekšzemes starppatēriņa preču apjoms, ko kopā ar importētajām ārvalstu investīciju precēm lieto homogēnas investīciju preces ražošanā. Visbeidzot, integrālis [8] izteiksmē izsaka eksportam noteiktos iekšzemes resursus. Turpmāk aplūkots, kā nosaka patēriņu, investīcijas un eksporta pieprasījumu.

B1.2. Patēriņa un investīciju galapatēriņa preču ražošana

Mājsaimniecības iegādājas galapatēriņa preces. Tās ražo reprezentatīvs konkurētspējīgs uzņēmums, izmantojot šādu lineāru homogēnu tehnoloģiju:

$$C_t = \left[(1 - \omega_c)^{\frac{1}{\eta_c}} (C_t^d)^{\frac{\eta_c - 1}{\eta_c}} + \omega_c^{\frac{1}{\eta_c}} (C_t^m)^{\frac{\eta_c - 1}{\eta_c}} \right]^{\frac{\eta_c}{\eta_c - 1}} \quad [9].$$

Reprezentatīvs uzņēmums pieņem, ka galapatēriņa preču izlaides cena P_t^c ir eksogēna. Galapatēriņa preču izlaide saistīta ar divējādām ražošanas izmaksām. Pirmais izmaksu veids C_t^d saistīts ar homogēnas iekšzemes preces līdzvērtīgu transformāciju, tāpēc tās cena ir P_t . Otrs izmaksu veids C_t^m ir speciālo importa patēriņa preču homogēns kopums, kas aplūkots nākamajā sadaļā. C_t^m cena ir $P_t^{m,c}$. Reprezentatīvs uzņēmums pieņem, ka ražošanas izmaksu cenas P_t un $P_t^{m,c}$ ir eksogēnas. Peļņas maksimizēšana rada šādu mērogotu starppatēriņa izmaksu pieprasījumu:

$$\begin{aligned} c_t^d &= (1 - \omega_c)(p_t^c)^{\eta_c} c_t \\ c_t^m &= \omega_c \left(\frac{p_t^c}{p_t^{m,c}} \right)^{\eta_c} c_t \end{aligned} \quad [10],$$

kur $p_t^c = P_t^c/P_t$ un $p_t^{m,c} = P_t^{m,c}/P_t$. C_t cenu ar izmaksām nepieciešamajiem ieguldījumiem saista šādi:

$$p_t^c = [(1 - \omega_c) + \omega_c (p_t^{m,c})^{1 - \eta_c}]^{\frac{1}{1 - \eta_c}} \quad [11].$$

Patēriņa preces inflāciju izsaka šādi:

$$\pi_t^c = \frac{p_t^c}{p_{t-1}^c} = \pi_t \left[\frac{(1 - \omega_c) + \omega_c (p_t^{m,c})^{1 - \eta_c}}{(1 - \omega_c) + \omega_c (p_{t-1}^{m,c})^{1 - \eta_c}} \right]^{\frac{1}{1 - \eta_c}} \quad [12].$$

Reprezentatīvs konkurētspējīgs uzņēmums ražo investīciju preces, izmantojot šādu tehnoloģiju:

$$I_t + a(u_t)\bar{K}_t = \Psi_t \left[(1 - \omega_i)^{\frac{1}{\eta_i}} (I_t^d)^{\frac{\eta_i - 1}{\eta_i}} + \omega_i^{\frac{1}{\eta_i}} (I_t^m)^{\frac{\eta_i - 1}{\eta_i}} \right]^{\frac{\eta_i}{\eta_i - 1}},$$

kur investīcijas izsaka summu, ko veido fiziskā kapitāla uzkrāšanā izmantotās investīciju preces I_t un kapitāla $a(u_t)\bar{K}_t$ uzturēšanā izmantotās investīciju preces.

Kapitāla uzturēšana aplūkota turpmāk ($a(u_t)$ funkcionālo formu sk. C pielikumā). u_t apzīmē kapitāla izmantošanas līmeni, kur kapitāla pakalpojumus definē šādi:

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

Lai sagatavotos iespējai, ka ar laiku investīciju preču cenas sarūk attiecībā pret patēriņa preču cenām, pieņem, ka investīcijām specifiskas tehnoloģijas šoks Ψ_t ir vienības saknes process ar potenciāli pozitīvu gaitu. Tāpat kā patēriņa preču sektorā, arī reprezentatīvais investīciju preču ražotājs pieņem, ka visas attiecīgās cenas ir eksogēnas. Peļņas maksimizēšana rada šādu mērogotu starppatēriņa ieguldījumu pieprasījumu:

$$i_t^d = (p_t^i)^{\eta_i} \left(i_t + a(u_t) \frac{\bar{k}_t}{\mu_{\psi,t} \mu_{z^+,t}} \right) (1 - \omega_i) \quad [13],$$

$$i_t^m = \omega_i \left(\frac{p_t^i}{p_t^{m,i}} \right)^{\eta_i} \left(i_t + a(u_t) \frac{\bar{k}_t}{\mu_{\psi,t} \mu_{z^+,t}} \right) \quad [14],$$

kur $p_t^i = \Psi_t P_t^i / P_t$ un $p_t^{m,i} = P_t^{m,i} / P_t$.

I_t cenu saista ar ražošanas izmaksām:

$$p_t^i = \left[(1 - \omega_i) + \omega_i (p_t^{m,i})^{1-\eta_i} \right]^{\frac{1}{1-\eta_i}} \quad [15].$$

Investīciju preču cenu inflāciju izsaka šādi:

$$\pi_t^i = \frac{\pi_t}{\mu_{\psi,t}} \left[\frac{(1-\omega_i) + \omega_i (p_t^{m,i})^{1-\eta_i}}{(1-\omega_i) + \omega_i (p_{t-1}^{m,i})^{1-\eta_i}} \right]^{\frac{1}{1-\eta_i}} \quad [16].$$

B1.3. Eksports un imports

Gan eksporta, gan importa aktivitātes saistītas ar Kalvo cenu noteikšanas frikcijām, tāpēc nepieciešama monopolvaras klātbūtne. Lai pievienotu vairāku specializētu preču kopumu, izmanto Diksita–Štiglica (*A. K. Dixit; J. E. Stiglitz*) stratēģiju. Tādējādi tiek pievienotas tirgus iespējas, neradot faktiem neatbilstošu iespaidu, ka eksporta un importa sektorā darbojas neliels uzņēmumu skaits. Eksportā iesaistās eksportētāju kopa, un katram eksportētājam pieder kādas specializētas eksporta preces ražošanas monopols. Katrs šāds monopolists ražo savu eksporta preci, izmantojot kādu homogēnu iekšzemē ražotu preci un kādu homogēnu importētu preci. Specializētās eksporta preces pārdod konkurētspējīgiem ārvalstu vairumtirgotājiem, kas veido homogēnu preci, kuru pārdod ārvalstu pircējiem.

Runājot par importu, specializēti iekšzemes importētāji iegādājas homogēnu ārvalstu preci, kuru tie pārveido par specializētu ieguldījumu, ko tālāk pārdod iekšzemes mazumtirgotājiem. Ir triju veidu iekšzemes mazumtirgotāji. Vieni izmanto specializētas importa preces, lai radītu homogēnu preci kā ieguldījumu specializētu eksporta preču ražošanā. Citi izmanto specializētas importa preces, lai veiktu ieguldījumu investīciju preču ražošanā. Trešie izmanto specializētu importu, lai radītu homogēnu ieguldījumu patēriņa preču ražošanā. Pirms nodošanas galalietotāju rīcībā importētājām precēm pievieno iekšzemes ieguldījumu. Cenu noteikšanas

frikcijas novērojamas gan eksportam, gan importam. Visos gadījumos pieņem, ka cenas nosaka pircēja valūtā.¹⁵

Eksports

Iekšzemes eksportam ir kopējs ārvalstu pieprasījums, ko izsaka šādi:

$$X_t = \left(\frac{P_t^x}{P_t^*} \right)^{-\eta_f} Y_t^* \quad [17],$$

kur Y_t^* ir ārvalstu IKP, P_t^* izsaka ārvalstu homogēnas preces cenu ārvalstu valūtā, bet P_t^x ir turpmāk definētās eksporta cenas indekss. Preces X_t izlaiž konkurētspējīgs reprezentatīvs ārvalstu mazumtirgotājs, izmantojot specializētus ieguldījumus:

$$X_t = \left[\int_0^1 X_{i,t}^{\frac{1}{\lambda_x}} di \right]^{\lambda_x} \quad [18],$$

kur $X_{i,t}$, $i \in (0,1)$ ir specializētas starppatēriņa preces eksporta preču ražošanai. Mazumtirgotājs, kas izlaiž X_t , pieņem, ka izlaides cena P_t^x un pašu ieguldījuma izmaksas (ražošanas izmaksas) $P_{i,t}^x$ ir zināmas. Optimizācijas rezultātā specializētā eksporta pieprasījumu izsaka šādi:

$$X_{i,t} = \left(\frac{P_{i,t}^x}{P_t^x} \right)^{\frac{-\lambda_x}{\lambda_x - 1}} X_t \quad [19].$$

Apvienojot [18] un [19] izteiksmi, iegūst:

$$P_t^x = \left[\int_0^1 (P_{i,t}^x)^{\frac{1}{1-\lambda_x}} di \right]^{1-\lambda_x}.$$

Monopolists i ražo specializēto eksportu, izmantojot šādu tehnoloģiju:

$$X_{i,t} = \left[\omega_x^{\frac{1}{\eta_x}} (X_{i,t}^m)^{\frac{\eta_x-1}{\eta_x}} + (1 - \omega_x)^{\frac{1}{\eta_x}} (X_{i,t}^d)^{\frac{\eta_x-1}{\eta_x}} \right]^{\frac{\eta_x}{\eta_x-1}},$$

kur $X_{i,t}^m$ un $X_{i,t}^d$ attiecīgi apzīmē eksportētāja i izmantotās importētās un iekšzemē radītās preces. Ar konstantas aizvietojamības elastības ražošanas funkciju saistītās robežizmaksas iegūst ar Lagranža izdevumu minimizēšanas uzdevuma reizinātāju:

$$C = \min \tau_t^x \left[P_t^{m,x} R_t^x X_{i,t}^m + P_t R_t^x X_{i,t}^d \right] + \lambda \left\{ X_{i,t} - \left[\omega_x^{\frac{1}{\eta_x}} (X_{i,t}^m)^{\frac{\eta_x-1}{\eta_x}} + (1 - \omega_x)^{\frac{1}{\eta_x}} (X_{i,t}^d)^{\frac{\eta_x-1}{\eta_x}} \right]^{\frac{\eta_x}{\eta_x-1}} \right\},$$

kur $P_t^{m,x}$ ir homogēnas importa preces cena un P_t – homogēnas iekšzemes preces cena. Izmantojot šā uzdevuma un ražošanas funkcijas pirmās kārtas nosacījumus, iegūst reālās robežizmaksas stacionāru mainīgo mc_t^x izteiksmē:

¹⁵ Importa cenu veidošanas frikcijas palīdz modelī izskaidrot to, ka valūtas kursa šoki tikai pēc laika izpaužas iekšzemes cenās. Eksporta cenu veidošanas frikcijas palīdz modelī veidoties izliekumam, produkcijas izlaidei reaģējot uz iekšzemes monetāro šoku, lai gan, kā aprakstīts 4. nodaļā, tas neattiecas uz monetārās politikas šoku valūtas zonas modelī.

$$mc_t^x = \frac{\lambda}{s_t p_t^x} = \frac{\tau_t^x R_t^x}{q_t p_t^c p_t^x} [\omega_x (p_t^{m,x})^{1-\eta_x} + (1 - \omega_x)]^{\frac{1}{1-\eta_x}} \quad [20],$$

kur

$$R_t^x = v^x R_t + 1 - v^x \quad [21],$$

$$\frac{s_t p_t^x}{p_t} = \frac{s_t p_t^* p_t^c p_t^x}{p_t^c p_t p_t^*} = q_t p_t^c p_t^x \quad [22]$$

un q_t apzīmē reālo valūtas kursu, ko izsaka šādi:

$$q_t = \frac{s_t p_t^*}{p_t^c} \quad [23].$$

No šā uzdevuma atrisinājuma arī izriet, ka iekšzemes ieguldījumu pieprasījums eksporta ražošanā ir:

$$X_{i,t}^d = \left(\frac{\lambda}{\tau_t^x R_t^x p_t} \right)^{\eta_x} X_{i,t} (1 - \omega_x) \quad [24].$$

Iekšzemes homogēnas preces daudzums, ko izmanto specializētie eksportētāji, ir:

$$\int_0^1 X_{i,t}^d di,$$

kas apkopotā veidā (no C pielikuma izrietošajā integrālī ievietojot [24] vienādojumu) ir šāds:

$$X_t^d = \int_0^1 X_{i,t}^d di = [\omega_x (p_t^{m,x})^{1-\eta_x} + (1 - \omega_x)]^{\frac{\eta_x}{1-\eta_x}} (1 - \omega_x) (p_t^x)^{\frac{-\lambda_x}{\lambda_x-1}} (p_t^x)^{-\eta_f} Y_t^* \quad [25],$$

kur p_t^x ir C pielikumā definētās cenu dispersijas mērs.

Izmantojot X_t^d līdzīgu atvasinājumu, iegūst:

$$X_t^m = \omega_x \left(\frac{[\omega_x (p_t^{m,x})^{1-\eta_x} + (1-\omega_x)]^{\frac{1}{1-\eta_x}}}{p_t^{m,x}} \right)^{\eta_x} (p_t^x)^{\frac{-\lambda_x}{\lambda_x-1}} (p_t^x)^{-\eta_f} Y_t^* \quad [26].$$

i -tais $i \in (0,1)$, eksporta preču ražotājs savai pieprasījuma līknei izmanto [19] izteiksmi. Šis ražotājs nosaka cenas atbilstoši Kalvo cenu veidošanas mehānismam. Ar varbūtību ξ_x eksporta preču uzņēmums i nevar atkārtoti optimizēt savu cenu, tāpēc cena tiek mainīta šādi:

$$P_{i,t}^x = \tilde{\pi}_t^x P_{i,t-1}^x, \tilde{\pi}_t^x = (\pi_{t-1}^x)^{\kappa_x} (\pi^x)^{1-\kappa_x - \dot{\kappa}_x} (\tilde{\pi})^{\dot{\kappa}_x} \quad [27],$$

kur $\kappa_x, \dot{\kappa}_x, \kappa_x + \dot{\kappa}_x \in (0,1)$.

Ar cenu veidošanu saistītie līdzsvara nosacījumi eksportētājiem, kuri savas cenas var optimizēt, ir līdzīgi iekšzemes starppatēriņa preču ražotāju nosacījumiem, un tie sniegti C pielikumā.

Imports

Ārvalstu uzņēmuma homogēnu precī pārdod iekšzemes importētājiem. Importētāji pārvērš šo homogēno precī specializētā ieguldījumā (zīmola) un kā monopols piegādā to iekšzemes mazumtirgotājiem. Importētāji pakļauti Kalvo cenu veidošanas frikcijām. Ir triju veidu importējošie uzņēmumi: 1) uzņēmums, kas ražo preces, lai radītu starppatēriņa precī patēriņa ražošanai, 2) uzņēmums, kas ražo preces, lai radītu starppatēriņa precī investīciju ražošanai, un 3) uzņēmums, kas ražo preces, lai radītu starppatēriņa precī eksporta ražošanai.

Vispirms aplūkosim pirmo uzņēmumu grupu. Importētā patēriņa iekšzemes mazumtirgotāja ražošanas funkciju izsaka šādi:

$$C_t^m = \left[\int_0^1 (C_{i,t}^m)^{\frac{1}{\lambda_{m,c}}} di \right]^{\lambda_{m,c}},$$

kur $C_{i,t}^m$ ir specializētā ražotāja i izlaide un C_t^m – starppatēriņa prece, ko izmanto patēriņa preču ražošanā. $P_t^{m,c}$ apzīmē C_t^m cenu indeksu, un $P_{i,t}^{m,c}$ ir ražotāja i starppatēriņa ieguldījuma izmaksas. Iekšzemes mazumtirgotājs ir konkurētspējīgs, un tiek pieņemts, ka $P_t^{m,c}$ un $P_{i,t}^{m,c}$ doti. Specializēto ieguldījumu (ražošanas izmaksu) pieprasījuma līkni attēlo ar iekšzemes mazumtirgotāja pirmās kārtas nosacījumu, kas nepieciešams peļņas maksimizēšanai:

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

Tālāk aplūko $C_{i,t}^m$ ražotāju, kas iepriekšējo vienādojumu izmanto kā pieprasījuma līkni. Šis ražotājs iegādājas homogēnu ārvalstu precī, to līdzvērtīgi konvertējot par diferencētu iekšzemes precī $C_{i,t}^m$. Starppatēriņa preces ražotāja robežizmaksas ir šādas:

$$\tau_t^{m,c} S_t P_t^* R_t^{v,*} \quad [28],$$

kur

$$R_t^{v,*} = v^* R_t^* + 1 - v^* \quad [29],$$

kur savukārt R_t^* ir ārvalstu nominālā procentu likme.¹⁶

Tāpat kā homogēnu iekšzemes preču sektorā $\tau_t^{m,c}$ ir nodokļu šokam līdzīgs šoks, kas ietekmē robežizmaksas, bet negūst atspoguļojumu ražošanas funkcijā.¹⁷

¹⁶ Šeit norādīts, ka starppatēriņa preču uzņēmuma ieguldījuma izmaksas jāsamaksā ārvalstu valūtā, bet, tā kā tam perioda sākumā savu resursu nav, šādi resursi jāaižņemas, lai iegādātos ārvalstu izejvielas, kas nepieciešamas $C_{i,t}^m$ ražošanai. Finansējums nepieciešams ārvalstu valūtā, tāpēc arī aizdevums ir tajā pašā valūtā. Šāds apgrozāmā kapitāla aizdevums ir bez riska, jo visi šoki notikuši perioda sākumā, un aizdevuma periodā nav neskaidrības par reālajām cenām un valūtas kursiem.

¹⁷ Linearizējot modeļa versiju, kur stabila līdzsvara stāvoklī nav nedz cenu, nedz algu kropļojumu, $\tau_t^{m,c}$ ir izomorfs attiecībā pret uzcenojuma šoku.

Patēriņa sektora kopējā importa vērtība ir šāda:

$$S_t P_t^* R_t^{v,*} C_t^m (p_t^{m,c})^{\frac{\lambda_{m,c}}{1-\lambda_{m,c}}},$$

kur

$$p_t^{m,c} = \frac{P_t^{m,c}}{P_t}$$

ir diferencētās preces $C_{i,t}^m$ cenas dispersijas mērs.

Tagad aplūkosim otro uzņēmumu grupu. Importēto investīciju preču I_t^m iekšzemes mazumtirgotāja ražošanas funkciju izsaka šādi:

$$I_t^m = \left[\int_0^1 (I_{i,t}^m)^{\frac{1}{\lambda_{m,i}}} di \right]^{\lambda_{m,i}}.$$

Importēto investīciju preču mazumtirgotājs ir konkurētspējīgs, un pieņem, ka produkcijas izlaides cena $P_t^{m,i}$ un ražošanas izmaksas $P_{i,t}^{m,i}$ dotas.

Iepriekš ražošanas funkcijā minētais starppatēriņa ražotājs i iegādājas homogēnu ārvalstu preci, to līdzvērtīgi konvertējot diferencētā precē $I_{i,t}^m$. $I_{i,t}^m$ robežizmaksas ir analogas [28] vienādojuma

$$\tau_t^{m,i} S_t P_t^* R_t^{v,*},$$

kas nozīmē, ka importējošā uzņēmuma izmaksas ir P_t^* (pirms aizņemšanās izmaksām, valūtas konvertēšanas un uzcenojuma šokiem), t.i., tādas pašas kā specializētajam ieguldījumam, ko izmanto C_t^m ražošanā.

Ar investīciju preču ražošanu saistītā importa kopējā vērtība ir analoga tai, ko ieguva patēriņa preču sektoram:

$$S_t P_t^* R_t^{v,*} I_t^m (p_t^{m,i})^{\frac{\lambda_{m,i}}{1-\lambda_{m,i}}}, p_t^{m,i} = \frac{P_{i,t}^{m,i}}{P_t^{m,i}} \quad [30].$$

Trešās grupas iekšzemes mazumtirgotāja, kas importē preces, lai radītu ieguldījumu X_t^m eksporta preču ražošanā, ražošanas funkcija ir šāda:

$$X_t^m = \left[\int_0^1 (X_{i,t}^m)^{\frac{1}{\lambda_{m,x}}} di \right]^{\lambda_{m,x}}.$$

Importēto preču mazumtirgotājs ir konkurētspējīgs, un pieņem, ka produkcijas izlaides cenas $P_t^{m,x}$ un ražošanas izmaksas $P_{i,t}^{m,x}$ dotas. Specializētā ieguldījuma $X_{i,t}^m$ ražotāja robežizmaksas ir šādas:

$$\tau_t^{m,x} S_t P_t^* R_t^{v,*}.$$

Ar X_t^m ražošanu saistītā importa kopējo vērtību aprēķina šādi:

$$S_t P_t^* R_t^{v,*} X_t^m (p_t^{m,x})^{\frac{\lambda_{m,x}}{1-\lambda_{m,x}}}, p_t^{m,x} = \frac{P_{i,t}^{m,x}}{P_t^{m,x}} \quad [31].$$

Katrs no aplūkotajiem triju grupu starppatēriņa preču uzņēmumiem pakļauts Kalvo cenu veidošanas frikcijām. Ar varbūtību $1 - \xi_{m,j}$ uzņēmums j var optimizēt savu cenu; ar varbūtību $\xi_{m,j}$ tas indeksē savu cenu atbilstoši šādai izteiksmei:

$$P_{i,t}^{m,j} = \tilde{\pi}_t^{m,j} P_{i,t-1}^{m,j}, \tilde{\pi}_t^{m,j} := (\pi_{t-1}^{m,j})^{\kappa_{m,j}} (\bar{\pi}_t^c)^{1-\kappa_{m,j}} \tilde{\pi}_t^{\dot{m},j}, j = c, i, x \quad [32].$$

Ar importētāju cenu veidošanu saistītie līdzsvara nosacījumi ir analogi tiem, kas iegūti attiecībā uz iekšzemes starppatēriņa preču ražotājiem, un tie sniegti C pielikumā.

B1.4. Mājsaimniecības

Mājsaimniecību preferences izsaka šāda izteiksme:

$$E_0^j \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[\zeta_t^c \log(C_t - bC_{t-1}) - \zeta_t^h A_L \frac{(h_{j,t})^{1+\sigma_L}}{1+\sigma_L} \right] \quad [33],$$

kur ζ_t^c apzīmē patēriņa preferences šoku, ζ_t^h ir darbaspēka preferences šoks, b – patēriņa paraduma parametrs, h_j – mājsaimniecības j darba pakalpojumu piedāvājums un σ_L – Friša (*Frisch*) inversā elastība. Mājsaimniecībai pieder tautsaimniecības fiziskā kapitāla krājumi. Tā nosaka kapitāla uzkrāšanas un izlietojuma līmeni. Mājsaimniecībai pieder arī tīrie ārējie aktīvi, un tā nosaka to uzkrāšanas līmeni.

Algu veidošana

Darbu uzņēmēji apkopo mājsaimniecību piedāvāto specializēto darbu homogēnos darba pakalpojumos:

$$H_t = \left[\int_0^1 (h_{j,t})^{\frac{1}{\lambda_w}} dj \right]^{\lambda_w}, 1 \leq \lambda_w < \infty.$$

Mājsaimniecības pakļautas Kalvo algu veidošanas frikcijām (kā K. Dž. Ercega (*Ch. J. Erceg*), D. V. Hendersona (*D. W. Henderson*) un E. T. Levina (*A. T. Levin*) pētījumā (7)). Ar varbūtību $1 - \xi_w$ mājsaimniecība j var optimizēt savas algas, un ar varbūtību ξ_w tā indeksē algas saskaņā ar šādu izteiksmi:

$$W_{j,t+1} = \tilde{\pi}_{w,t+1} W_{j,t} \quad [34],$$

$$\tilde{\pi}_{w,t+1} = (\pi_t^c)^{\kappa_w} (\bar{\pi}_{t+1}^c)^{1-\kappa_w} (\tilde{\pi})^{\dot{w}} (\mu_{z+})^{\vartheta_w} \quad [35],$$

kur $\kappa_w, \dot{w}, \vartheta_w, \kappa_w + \dot{w} \in (0,1)$.

Aplūkosim mājsaimniecību j , kurai ir iespēja optimizēt savu algu laikā t . Algas likmi apzīmē ar \tilde{W}_t . To neindeksē ar j , jo visas algu optimizējošas mājsaimniecības atrodas vienādā situācijā. Izvēloties \tilde{W}_t , mājsaimniecība ņem vērā nākotnes gadījumu diskontēto derīgumu (neņemot vērā esošos nenozīmīgos mājsaimniecības uzdevuma nosacījumus), kad tā nevar veikt optimizāciju:

$$E_t^j \sum_{i=0}^{\infty} (\beta \xi_w)^i \left[-\zeta_{t+i}^h A_L \frac{(h_{j,t+i})^{1+\sigma_L}}{1+\sigma_L} + v_{t+i} W_{j,t+i} h_{j,t+i} \frac{1-\tau^y}{1+\tau^w} \right] \quad [36],$$

kur τ^y ir darba ienākuma nodoklis, τ^w – algas nodoklis un v_t – mājsaimniecību budžeta ierobežojuma Lagranža reizinātājs laikā t . Mājsaimniecības j darba

pakalpojumu pieprasījums, ja optimizācija noris periodā t un pēc tam nenotiek, izteikts šādi:

$$h_{j,t+i} = \left(\frac{\tilde{W}_t \tilde{\pi}_{w,t+i} \cdots \tilde{\pi}_{w,t+1}}{W_{t+i}} \right)^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} H_{t+i} \quad [37],$$

kur pieņemts, ka $\tilde{\pi}_{w,t+i}, \dots, \tilde{\pi}_{w,t+1} = 1$, ja $i = 0$. Ar šo problēmu saistītie līdzsvara nosacījumi, t.i., optimizāciju veikušu mājsaimniecību algu veidošana, sniegti C pielikumā.

Kapitāla uzkrāšanas tehnoloģija

Fiziskā kapitāla kustības likumā ņemtas vērā investīciju korekciju izmaksas, ko ievieša L. Dž. Kristiāno, M. Eihenbaums un Č. L. Evanss (4):¹⁸

$$\bar{K}_{t+1} = (1 - \delta)\bar{K}_t + Y_t \left(1 - \tilde{S} \left(\frac{I_t}{I_{t-1}} \right) \right) I_t \quad [38],$$

kur Y_t apzīmē investīciju šoka robežefektivitāti, kas nosaka, kā investīcijas tiek pārvērstas kapitālā.¹⁹

Mājsaimniecību patēriņa un investīciju lēmumi

Pirmās kārtas nosacījumu patēriņam izsaka šādi:

$$\frac{\zeta_t^c}{c_t - b c_{t-1} \frac{1}{\mu_{z^+,t}}} - \beta b E_t \frac{\zeta_{t+1}^c}{c_{t+1} \mu_{z^+,t+1} - b c_t} - \psi_{z^+,t} p_t^c (1 + \tau^c) = 0 \quad [39],$$

kur

$$\psi_{z^+,t} = v_t P_t z_t^+$$

ir bagātības robežvērtība reālajā izteiksmē, konkrēti homogēnas iekšzemes preces vienas vienības izteiksmē laikā t .

Lai definētu vairāku periodu Eilera (*Euler*) vienādojumu saistībā ar mājsaimniecību kapitāla uzkrāšanas lēmumu, procentuālo atdevi no investīcijām laikā t fiziskā kapitāla vienā vienībā R_{t+1}^k izsaka šādi:

$$R_{t+1}^k = \frac{(1 - \tau^k) \left[u_{t+1} r_{t+1}^k - \frac{p_{t+1}^i}{\Psi_{t+1}} a(u_{t+1}) \right] P_{t+1} + (1 - \delta) P_{t+1} P_{k,t+1} + \tau^k \delta P_t P_{k,t}}{P_t P_{k,t}} \quad [40],$$

kur

$$\frac{p_t^i}{\Psi_t} P_t = P_t^i$$

ir homogēnas investīciju preces cena laikā t , $\bar{r}_t^k = \Psi_t r_t^k$ – kapitāla mērogota reālā nomas likme, τ^k – kapitāla nodokļa likme un $P_{k,t}$ apzīmē jauniegādātā fiziskā kapitāla vienas vienības cenu laikā $t + 1$. Šo cenu nosaka homogēnas preces vienībās, tādējādi $P_t P_{k,t}$ ir fiziskā kapitāla cena iekšzemes valūtā. Skaitītājs R_{t+1}^k

¹⁸ Investīciju korekcijas izmaksu \tilde{S} funkcionālo formu sk. C pielikumā.

¹⁹ Šā šoka nozīmi uzsvēra A. Hustinjano, Dž. Primičēri un A. Tambaloti (9).

vienādojumā izsaka maksājumu, ko laikā $t + 1$ saņem no vienas papildu fiziskā kapitāla vienības. Izteiksme kvadrātiem norāda, ka ar kapitāla darbības uzturēšanu saistītie izdevumi atskaitāmi no nodokļiem. Pēdējais skaitītāja loceklis nozīmē, ka fiziskā amortizācija atskaitāma tās vēsturiskajā vērtībā. R_t^k ir ērti izteikt mērogotā veidā:

$$R_{t+1}^k = \frac{\pi_{t+1} (1-\tau^k)[u_{t+1}\bar{r}_{t+1}^k - p_{t+1}^i a(u_{t+1})] + (1-\delta)p_{k,t+1} + \tau^k \delta \frac{\mu_{\Psi,t+1}}{\pi_{t+1}} p_{k,t}}{\mu_{\Psi,t+1} p_{k,t}} \quad [41],$$

kur $p_{k,t} = \Psi_t P_{k,t}$.²⁰ PKN kapitālam paredz, ka:

$$\psi_{z^+,t} = \beta E_t \psi_{z^+,t+1} \frac{R_{t+1}^k}{\pi_{t+1} \mu_{z^+,t+1}} \quad [42].$$

Diferencējot mājsaimniecību problēmas Lagranža formu attiecībā uz I_t , investīcijām iegūst šādu PKN mērogotā izteiksmē:

$$\begin{aligned} & -\psi_{z^+,t} p_t^i + \psi_{z^+,t} p_{k,t} Y_t \left[1 - \tilde{S} \left(\frac{\mu_{z^+,t} \mu_{\Psi,t} \dot{i}_t}{i_{t-1}} \right) - \tilde{S}' \left(\frac{\mu_{z^+,t} \mu_{\Psi,t} \dot{i}_t}{i_{t-1}} \right) \frac{\mu_{z^+,t} \mu_{\Psi,t} \dot{i}_t}{i_{t-1}} \right] \\ & + \beta \psi_{z^+,t+1} p_{k,t+1} Y_{t+1} \tilde{S}' \left(\frac{\mu_{z^+,t+1} \mu_{\Psi,t+1} \dot{i}_{t+1}}{i_t} \right) \left(\frac{i_{t+1}}{i_t} \right)^2 \mu_{\Psi,t+1} \mu_{z^+,t+1} = 0 \end{aligned} \quad [43].$$

Ar kapitāla izlietojumu saistīto PKN (mērogotā izteiksmē) raksta šādi²¹:

$$\bar{r}_t^k = p_t^i a'(u_t) \quad [44].$$

Finanšu aktīvi

Iekšzemes tautsaimniecībā uzkrājumus veic mājsaimniecība. Laikā t uzkrājums veidojas no iegūtajiem tīrajiem ārējiem aktīviem A_{t+1}^* un iekšzemes aktīva. Iekšzemes aktīvu izmanto, lai finansētu uzņēmumu apgrozāmā kapitāla vajadzības. No šā aktīva iegūst nomināli no stāvokļa neatkarīgu atdevi R_t periodā no t līdz $t + 1$. Ar šo iekšzemes aktīvu saistīto PKN izsaka šādi:

$$\psi_{z^+,t} = \beta E_t \frac{\psi_{z^+,t+1}}{\mu_{z^+,t+1}} \left[\frac{R_t - \tau^b (R_t - \pi_{t+1})}{\pi_{t+1}} \right] \quad [45],$$

kur τ^b ir nodoklis par reālajiem procentu ienākumiem no obligācijām.²²

Nodokļu politika attiecībā uz iekšzemes tautsaimniecības dalībnieka ienākumiem no ārvalstu obligācijām ir tāda pati kā attiecībā uz ienākumiem no iekšzemes obligācijām. PKN laikā t aktīvam A_{t+1}^* ar atdevi ārvalstu valūtā R_t^* raksta šādi:

$$v_t S_t = \beta E_t v_{t+1} \left[S_{t+1} R_t^* \Phi_t - \tau^b \left(S_{t+1} R_t^* \Phi_t - \frac{S_t}{P_t} P_{t+1} \right) \right] \quad [46].$$

Jāatceras, ka S_t ir ārvalstu valūtas vienības cena iekšzemes valūtā. Loceklis izteiksmes kreisajā pusē izsaka vienas ārvalstu aktīvu vienības iegūšanas izmaksas.

²⁰ Inflācijas kāpums paaugstina kapitāla nodokļa likmi tāpēc, ka amortizācija parasti tiek novērtēta pēc tās vēsturiskajām izmaksām.

²¹ Nodokļu likme ienākumiem no kapitāla šeit netiek lietota uzturēšanas izmaksu atskaitīšanas dēļ.

²² Šāda rīcība ar nodokļiem par ienākumiem no iekšzemes obligācijām nosaka to, ka stabila stāvokļa reālā pēcnodokļu atdeve no obligācijām ir invarianta attiecībā pret π .

Valūtas cenu apzīmē ar S_t , un tā tiek konvertēta derīguma izteiksmē, reizinot ar mājāsaimniecības budžeta ierobežojuma Lagranža reizinātāju v_t . Kvadrātiekvāds dotais loceklis ir ārvalstu aktīva pēcnodokļu maksājums iekšzemes valūtas vienībās. Procentu maksājumus par A_{t+1}^* laikā $t + 1$ pirms nodokļu atskaitījumiem izsaka $S_{t+1}R_t^*\Phi_t$, kur R_t^* ir ārvalstu nominālā procentu likme (bez riska) ārvalstu valūtas vienībās. Loceklis Φ_t izsaka ārvalstu aktīva atdeves relatīvu riska korekciju tā, lai ārvalstu aktīva vienība, ko iegūst laikā t , atmaksātu $R_t^*\Phi_t$ ārvalstu valūtas vienības laikā $t + 1$. Φ_t noteikšana aplūkota turpmāk pētījumā. Iekavās atlikušais loceklis attiecas uz ietekmi, kāda ir ārvalstu aktīvu atdeves aplikšanai ar nodokli.²³

Mērogojot [46] izteiksmes PKN, abas puses reizinot ar $P_t z_t^+ / S_t$, iegūst:

$$\psi_{z^+,t} = \beta E_t \frac{\psi_{z^+,t+1}}{\pi_{t+1} \mu_{z^+,t+1}} [s_{t+1} R_t^* \Phi_t - \tau^b (s_{t+1} R_t^* \Phi_t - \pi_{t+1})] \quad [47],$$

kur

$$s_t = \frac{S_t}{S_{t-1}}.$$

Riska korekcijas loceklim ir šāda forma:

$$\begin{aligned} \Phi_t &= \Phi(a_t, R_t^* - R_t, \tilde{\Phi}_t) \\ &= \exp(-\tilde{\Phi}_a(a_t - \bar{a}) - \tilde{\Phi}_s(R_t^* - R_t - (R^* - R)) + \tilde{\Phi}_t) \end{aligned} \quad [48],$$

kur

$$a_t = \frac{S_t A_{t+1}^*}{P_t z_t^+},$$

$\tilde{\Phi}_t$ ir valsts riska prēmijas šoks (ar vidējo vērtību nulle), un $\tilde{\Phi}_a$ un $\tilde{\Phi}_s$ ir pozitīvi parametri.²⁴

B1.5. Fiskālās un monetārās iestādes

Monetārā politika tiek īstenota atbilstoši iekšzemes nominālās procentu likmes stingrai piesaistei ārvalstu nominālajai procentu likmei.

Valdības izdevumus modelē šādi:

$$G_t = g_t z_t^+,$$

²³ Ja locekli pēc mīnus zīmes apaļajās iekavās ignorē, nodokli piemēro visam nominālajam obligācijas maksājumam, ieskaitot pamatsummu. Loceklis pēc mīnus zīmes domāts, lai nodrošinātu, ka pamatsumma tiek atskaitīta no nodokļiem. Pamatsummu izsaka nominālajā izteiksmē un nosaka tādu, lai tās reālā vērtība laikā $t + 1$ atbilstu valūtas, par kuru pirkti aktīvi laikā t , reālajai vērtībai. Jāatceras, ka S_t apzīmē vienas ārvalstu aktīvu vienības (ārvalstu valūtas izteiksmē) cenu iekšzemes valūtā laikā t . Tādējādi laikā t aktīva reālā cena būs S_t / P_t . Šīs reālās summas vērtība iekšzemes valūtā laikā $t + 1$ ir $P_{t+1} S_t / P_t$.

²⁴ Φ_t atkarība no a_t nodrošina stabila līdzsvara stāvokļa a_t unikālu vērtību, kas nav atkarīga no sākotnējiem tīrajām ārvalstu aktīviem un kapitāla līmeņa tautsaimniecībā. Φ_t atkarība no procentu likmes $R_t^* - R_t$ relatīvā lieluma domāta, lai ar modeli varētu reproducēt divu veidu novērojumus. Pirmie novērojumi saistīti ar nenodrošinātu procentu likmju paritāti. Otra veida novērojumi ir par izlaides reakcijas uz iekšzemes monetāru šoku uz augšu izliektu līkni. Attiecīgā kalibrēšana nosaka, ka $\tilde{\Phi}_s = 0$, lai nodrošinātu nominālās procentu likmes piesaistes režīmu.

kur g_t ir eksogēns stohastisks process un z_t^+ nodrošina konstantu valdības izdevumu attiecību pret IKP. Modelī iekļautas šādu nodokļu likmes: kapitāla nodoklis τ^k , obligāciju ienākuma nodoklis τ^b , darba ienākuma nodoklis τ^y , patēriņa nodoklis τ^c un algu nodoklis τ^w . Visas valdības izdevumu un nodokļu ieņēmumu starpības kompensē vienreizēji pārskaitījumi.

B1.6. Ārvalstu rādītāji

Ārvalstu rādītāju modelēšanā ņemts vērā pieņēmums, ka ārvalstu izlaidi Y_t^* ietekmē šoki z_t^+ tāpat kā iekšzemes rādītājos. Konkrēti:

$$\begin{aligned}\log Y_t^* &= \log y_t^* + \log z_t^+ \\ &= \log y_t^* + \log z_t + \frac{\alpha}{1-\alpha} \log \psi_t,\end{aligned}$$

kur pieņem, ka $\log(y_t^*)$ ir stacionārs process. Pieņem arī, ka:

$$\begin{pmatrix} \log\left(\frac{y_t^*}{y^*}\right) \\ \pi_t^* - \pi^* \\ R_t^* - R^* \\ \log\left(\frac{\mu_{z,t}}{\mu_z}\right) \\ \log\left(\frac{\mu_{\psi,t}}{\mu_{\psi}}\right) \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & 0 & 0 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & \frac{a_{24}\alpha}{1-\alpha} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & \frac{a_{34}\alpha}{1-\alpha} \\ 0 & 0 & 0 & \rho_{\mu_z} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \rho_{\mu_{\psi}} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \log\left(\frac{y_{t-1}^*}{y^*}\right) \\ \pi_{t-1}^* - \pi^* \\ R_{t-1}^* - R^* \\ \log\left(\frac{\mu_{z,t-1}}{\mu_z}\right) \\ \log\left(\frac{\mu_{\psi,t-1}}{\mu_{\psi}}\right) \end{pmatrix} + \begin{bmatrix} \sigma_{y^*} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ c_{21} & \sigma_{\pi^*} & 0 & c_{24} & \frac{c_{24}\alpha}{1-\alpha} \\ c_{31} & c_{32} & \sigma_{R^*} & c_{34} & \frac{c_{34}\alpha}{1-\alpha} \\ 0 & 0 & 0 & \sigma_{\mu_z} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_{\mu_{\psi}} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{y^*,t} \\ \varepsilon_{\pi^*,t} \\ \varepsilon_{R^*,t} \\ \varepsilon_{\mu_z,t} \\ \varepsilon_{\mu_{\psi},t} \end{pmatrix},$$

kur ε_t ir nulles vidējās vērtības un vienības dispersijas Gausa i.i.d. procesi, kas savstarpēji nav korelēti.

Pārrakstot matricas formā, iegūst:

$$X_t^* = AX_{t-1}^* + C\varepsilon_t.$$

Jāatzīmē, ka matricai C ir 10 elementu, tādējādi kārtu nosacījums identifikācijai ir apmierināts, jo $C'C$ attēlo 15 neatkarīgu vienādojumu. Atbilstoši šiem ierobežojumiem šoks $\varepsilon_{y^*,t}$ ietekmē pirmos trīs rādītājus no X_t^* , $\varepsilon_{\pi^*,t}$ – tikai nākamajos divos rādītājos, bet $\varepsilon_{R^*,t}$ – tikai trešo rādītāju.²⁵ Turklāt nulles divās pēdējās kolonnās pirmajā rindā A un C matricā liecina, ka tehnoloģiju šoki neietekmē y_t^* .²⁶ Treškārt, A un C matrica izsaka to, ka tehnoloģiju inovācijas ietekmē inflāciju un

²⁵ Pieņēmums attiecībā uz $\varepsilon_{R^*,t}$ atbilst vienai no monetārās politikas šoka noteikšanas stratēģijām, kurā pieņem, ka inflācija un izlaide attiecībā pret monetārās politikas šoku ir iepriekš noteiktas.

²⁶ Tas atspoguļo pieņēmumu, ka tehnoloģijas šoka ietekme uz Y_t^* ir pilnībā ņemta vērā parametrā z_t^+ , bet citi Y_t^* šoki ir ortogonāli pret z_t^+ un ietekmē Y_t^* ar y_t^* starpniecību.

procentu likmi, ietekmējot z_t^+ . Ceturtkārt, pieņēmumi par A un C norāda, ka $\log\left(\frac{\mu_{\psi,t}}{\mu_{\psi}}\right)$ un $\log\left(\frac{\mu_{z,t}}{\mu_z}\right)$ ir viendimensijas pirmās kārtas autoregresīvi procesi, kurus attiecīgi veicina $\varepsilon_{\mu_{\psi,t}}$ un $\varepsilon_{\mu_{z,t}}$.

B1.7. Resursu ierobežojumi

Tas, ka stabilā līdzsvara stāvoklī iespējama gan cenu, gan algu dispersija, kopējo (agregēto) ražošanas faktoru izteiksmē sarežģīt iekšzemes homogēnās preces Y_t izteiksmi. C pielikumā iegūto attiecību var rakstīt šādi:

$$y_t = (p_t)^{\frac{\lambda_d}{\lambda_d-1}} \left[\varepsilon_t \left(\frac{1}{\mu_{\psi,t}} \frac{1}{\mu_{z^*,t}} k_t \right)^\alpha \left(w_t^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} h_t \right)^{1-\alpha} - \Phi \right] \quad [49],$$

kur p_t apzīmē iekšzemes starppatēriņa preces cenu dispersijas līmeni.

Resursu ierobežojums iekšzemes homogēnu preču izlaidei

Iepriekš tika aplūkota reālā mērogotā produkcijas izlaide kopējo ražošanas faktoru izteiksmē. Ir derīgi arī iegūt izteiksmi, ar kuru attēlo iekšzemes homogēnu preču izlietojumu. Izmantojot [25] izteiksmi, iegūst:

$$z_t^+ y_t = G_t + C_t^d + I_t^d + [\omega_x (p_t^{m,x})^{1-\eta_x} + (1-\omega_x)]^{\frac{\eta_x}{1-\eta_x}} (1-\omega_x) (p_t^x)^{\frac{-\lambda_x}{\lambda_x-1}} (p_t^x)^{-\eta_f} Y_t^*$$

vai arī, mērogojot ar z_t^+ un izmantojot [10] izteiksmi, aprēķina, ka:

$$y_t = g_t + (1-\omega_c) (p_t^c)^{\eta_c} c_t + (p_t^i)^{\eta_i} \left(i_t + a(u_t) \frac{\bar{k}_t}{\mu_{\psi,t} \mu_{z^+,t}} \right) (1-\omega_i) + [\omega_x (p_t^{m,x})^{1-\eta_x} + (1-\omega_x)]^{\frac{\eta_x}{1-\eta_x}} (1-\omega_x) (p_t^x)^{\frac{-\lambda_x}{\lambda_x-1}} (p_t^x)^{-\eta_x} y_t^* \quad [50].$$

Lai panāktu IKP un datu atbilstību, kapitāla izlietojuma izmaksas atņem no y_t (sk. C pielikumu):

$$gdp_t = y_t - (p_t^i)^{\eta_i} \left(a(u_t) \frac{\bar{k}_t}{\mu_{\psi,t} \mu_{z^+,t}} \right) (1-\omega_i).$$

Tirdzniecības bilance

Izdevumiem par importu un jaunu tīro ārējo aktīvu A_{t+1}^* iegādi jābūt vienādiem ar ienākumiem no eksporta un iepriekš iegādātajiem tīrajiem ārējiem aktīviem:

$$S_t A_{t+1}^* + \text{expenses on imports}_t = \text{receipts from exports}_t + R_{t-1}^* \Phi_{t-1} S_t A_t^*.$$

Izdevumi par importu atbilst specializēto importētāju iepirkumiem patēriņa, investīciju un eksporta sektoram.²⁷

$$\text{expenses on imports}_t = S_t P_t^* R_t^{v,*} \left(C_t^m (p_t^{m,c})^{\frac{\lambda_{m,c}}{1-\lambda_{m,c}}} + I_t^m (p_t^{m,i})^{\frac{\lambda_{m,i}}{1-\lambda_{m,i}}} + X_t^m (p_t^{m,x})^{\frac{\lambda_{m,x}}{1-\lambda_{m,x}}} \right)$$

Tekošo kontu mērogotā veidā, izmantojot [22] izteiksmi, var rakstīt šādi:

$$\begin{aligned} a_t + q_t p_t^c R_t^{v,*} \left(c_t^m (p_t^{m,c})^{\frac{\lambda_{m,c}}{1-\lambda_{m,c}}} + i_t^m (p_t^{m,i})^{\frac{\lambda_{m,i}}{1-\lambda_{m,i}}} + x_t^m (p_t^{m,x})^{\frac{\lambda_{m,x}}{1-\lambda_{m,x}}} \right) \\ = q_t p_t^c p_t^x x_t + R_{t-1}^* \Phi_{t-1} S_t \frac{a_{t-1}}{\pi_t \mu_{z^+,t}} \end{aligned} \quad [51],$$

kur $a_t = S_t A_{t+1}^* / (P_t z_t^+)$.

Tādējādi ir veikta bāzes modeļa analīze. C pielikumā sniegti papildu līdzsvara nosacījumi un pilnīgs endogēno rādītāju saraksts.

B2. Modelis ar finanšu frikcijām

B2.1. Finanšu frikciju modeļa pārskats

Vairākām bāzes modeļa aktivitātēm nepieciešams finansējums. Specializēto ražošanas ieguldījumu veicēji attiecīgajā periodā spiesti aizņemties apgrozāmo kapitālu. Kapitāla pārvaldība saistīta ar finansējumu, jo kapitāla veidošana prasa nozīmīgus sākotnējos resursu tēriņus, bet kapitāla atdeve plūsmas veidā ienāk tikai pēc zināma laika. Vajadzība pēc līdzekļiem bāzes modelī ietekmē to sadalījumu, tomēr šī ietekme nav pārāk liela. Tas ir tāpēc, ka netiek ņemtas vērā faktisko finanšu tirgu sarežģītās norises. Aizņēmēja un aizdevēja informācija nav asimetriska, aizdevēji nav pakļauti nekādam riskam. Kapitāla uzkrāšanas ziņā aizņēmējs un aizdevējs faktiski ir viena un tā pati mājsaimniecība. Kad modelī ievieš reālajā pasaulē esošas finanšu frikcijas, starpniecību izkropļo bilanču ierobežojumi un citi faktori.

Šajā apakšsadaļā pieņemts, ka kapitāla uzkrāšana un pārvaldīšana saistīta ar frikcijām atbilstoši BGG (3). Pieņemts, ka aizdevumi apgrozāmo līdzekļu veidošanai ir bez frikcijām.

Jau minēts, ka mājsaimniecības nogulda naudu bankās un saņem procentu maksājumus, kas nomināli nav atkarīgi no stāvokļa. Tas rada potenciāli interesantu bagātības ietekmi, ko aplūkoja I. Fišers (8). Bankas tālāk līdzekļus aizdod uzņēmējiem, balstoties uz standarta nomināla parāda (aizdevuma) līgumu, kas, ievērojot asimetrisko informāciju, ir optimāls. Summa, kuru bankas ir gatavas aizdot

²⁷ Šeit jāņem vērā cenu kropļojumu locekļu klātbūtne. Lai saprastu šos locekļus, jāatceras, ka, piemēram, C_t^m tiek iegūts kā specializētu importēto preču lineāra homogēna funkcija. Tā kā specializētie importētāji pērk tikai ārvalstu preces, šajā pētījumā interese ir par viņu kopējiem izdevumiem. Ja imports vienādi sadalās starp diferencētām precēm, šāda importa kopējais daudzums ir C_t^m un ar iekšzemes patēriņa preču ražošanu saistītā importa vērtība ir $S_t P_t^* R_t^{v,*} C_t^m$. Ja starp importētajām starppatēriņa precēm novēro cenu kropļojumus, homogēnu importa preču kopsumma ir lielāka katrai dotajai C_t^m vērtībai.

kādam uzņēmējam, slēdzot aizdevuma līgumu, ir attiecīgā uzņēmēja tīrās vērtības funkcija. Tādējādi modelī tiek ieviesti bilances ierobežojumi. Ja tiek piedzīvots šoks, kas samazina uzņēmēja aktīvu vērtību, aizņemšanās iespējas tiek iedragātas. Rezultātā uzņēmēji saņem mazāk kapitāla, sarūk investīciju apjoms, un galu galā sākas ekonomiskā lejupslīde.

Lai gan atsevišķi uzņēmēji ir riskanti, pašas bankas nav riskantas. Pieņem, ka bankas aizdod naudu pietiekami daudzveidīgu uzņēmēju grupai, kurā kopumā izzūd nedrošība par individuālajiem aizdevumiem uzņēmējiem. Uzņēmēju tīro vērtību empīriski nosaka ar akciju tirgus indeksu.

Katram uzņēmējam, piedzīvojot dažādus idiosinkrātiskos šokus, veidojas sava vēsture. Tāpēc, kopumā veicot agregēto rādītāju aprēķinus, ir nepieciešami aprēķini arī par uzņēmēju sadalījumu pēc raksturojuma un aprēķini par šā sadalījuma kustības likumu. Taču, kā uzsvērts BGG pētījumā, modelī izdarīts konkrētas funkcionālas formas pieņēmums, lai garantētu to, ka ar uzņēmējiem saistītie kopējie rādītāji nav sadalījumu funkcija. Parāda (aizdevuma) līgums nosaka, ka visiem uzņēmējiem noteikta vienāda procentu likme neatkarīgi no viņu tīrās vērtības. Turklāt katram uzņēmējam izsniegtā aizdevuma apjoms ir proporcionāls viņa tīrās vērtības līmenim. Ar šiem raksturlielumiem pietiek, lai nodrošinātu agregēšanas rezultātu. Finanšu frikciju bloks satur papildus divus vienādojumus salīdzinājumā ar bāzes modeļa vienādojumu skaitu. Turklāt tiek ieviesti divi jauni endogēni rādītāji, no kuriem viens attiecas uz uzņēmēju maksāto procentu likmi, bet otrs – uz tīro vērtību. Finanšu frikcijas ļauj aplūkot arī divus jaunus šokus. Turpmāk sniegts formāls modeļa apskats.

B2.2. Individuālie uzņēmēji

Katra uzņēmēja tīro vērtību perioda t beigās apzīmē ar N_{t+1} . N_{t+1} raksturo uzņēmēja stāvokli konkrētajā laikā, un nekam citam no viņa pagātnes nav nozīmes. Katram tīrās vērtības līmenim atbilst liels skaits uzņēmēju, tāpat kā katram tīrās vērtības līmenim ir sava brīvi pieejama konkurējoša banka, kas piedāvā aizdevuma līgumu. Līgumu nosaka aizdevuma apjoms un procentu likme, kurus iegūst, atrisinot konkrētu optimizācijas problēmu.

Aplūkosim uzņēmēju ar noteiktu tīrās vērtības līmeni N_{t+1} . Šis uzņēmējs apvieno savu tīro vērtību ar bankas izsniegtu aizdevumu B_{t+1} , lai no kapitāla ražotājiem iegādātos jaunu fizisko kapitālu \bar{K}_{t+1} . Šim nolūkam nepieciešamo aizdevumu izsaka šādi:

$$B_{t+1} = P_t P_{k,t} \bar{K}_{t+1} - N_{t+1} \quad [52].$$

Uzņēmējs, ja vien viņš to var, tiek aicināts samaksāt bankas aizdevuma bruto procentu likmi Z_{t+1} perioda $t + 1$ beigās. Pēc kapitāla iegādāšanās uzņēmējs piedzīvo idiosinkrātisku produktivitātes šoku, kas pirkto kapitālu \bar{K}_{t+1} pārvērš par $\bar{K}_{t+1}\omega$, kur ω ir log-normāli sadalīts gadījuma process ar vienības vidējo vērtību un neatkarīgs starp visiem uzņēmējiem, kam $V(\log\omega) = \sigma_t^2$. t apakšraksts norāda, ka σ_t pats ir gadījuma procesa realizācija. Tas ļauj aplūkot individuālā uzņēmēja riskantuma pieauguma ietekmi, un σ_t apzīmē šoku idiosinkrātiskajai nenoteiktībai. ω kumulatīvo sadalījuma funkciju apzīmē ar $F(\omega; \sigma)$ un tās daļējos atvasinājumus – ar $F_\omega(\omega; \sigma)$ un $F_\sigma(\omega; \sigma)$.

Pēc periodā $t + 1$ piedzīvotajiem šokiem uzņēmējs nosaka kapitāla izlietojuma likmi u_{t+1} un konkurētspējīgā tirgū kapitālu iznomā, piemērojot nominālo nomas likmi $P_{t+1}r_{t+1}^k$. Izvēloties kapitāla izlietojuma likmi, uzņēmējs ņem vērā to, ka vienas fiziskā kapitāla vienības darbībai ar likmi u_{t+1} nepieciešamas $a(u_{t+1})$ iekšzemes investīciju preces uzturēšanas izdevumu segšanai (a definēts C pielikumā). Pēc tam uzņēmējs pārdod kapitāla ražotājiem fiziskā kapitāla neamortizēto daļu. Par katru iegādātā fiziskā kapitāla vienību uzņēmējs ar idiosinkrātisko produktivitāti ω nopelna ienākumu (pēc nodokļu nomaksas) $R_{t+1}^k\omega$ (R_{t+1}^k definēts [40] izteiksmē). Tā kā ω vidējais lielums visiem uzņēmējiem ir vienība, visu uzņēmēju vidējā peļņa ir R_{t+1}^k .

Pēc kapitāla pārdošanas uzņēmēji kārto savas parādsaistības pret banku. Tagad uzņēmējam, kas periodā t iegādājās \bar{K}_{t+1} fiziskā kapitāla vienību un kas piedzīvo idiosinkrātisko produktivitātes šoku ω , pieejamie resursi ir $P_t P_{k,t} R_{t+1}^k \omega \bar{K}_{t+1}$. ω ir ar noteiktu sliekšņa vērtību $\bar{\omega}_{t+1}$, kas nosaka uzņēmēja resursu pietiekamību tādā apjomā, lai veiktu procentu maksājumus:

$$\bar{\omega}_{t+1} R_{t+1}^k P_t P_{k,t} \bar{K}_{t+1} = Z_{t+1} B_{t+1} \quad [53].$$

Uzņēmēji ar parametru $\omega < \bar{\omega}_{t+1}$ bankrotē un atdod visus savus resursus

$$R_{t+1}^k \omega P_t P_{k,t} \bar{K}_{t+1},$$

kas ir mazāki par $Z_{t+1} B_{t+1}$, bankai. Šajā gadījumā banka veic uzņēmēja monitoringu, kas bankai izmaksā:

$$\mu R_{t+1}^k \omega P_t P_{k,t} \bar{K}_{t+1},$$

kur $\mu \geq 0$ ir parametrs.

Bankas iegūst uzņēmējiem periodā t aizdodamos līdzekļus, piesaistot no mājsaimniecībām noguldījumus ar bruto nominālo procentu likmi R_t . R_t apakšraksts norāda, ka maksājumi mājsaimniecībām periodā $t + 1$ nav atkarīgi no nenoteiktības periodā $t + 1$. Mājsaimniecību banku noguldījumi ir bez riska, un Eilera vienādojums attiecībā uz mājsaimniecību noguldījumiem ir tieši tāds pats kā [45] izteiksmē.

Starp bankām ir konkurence un tirgus dalības brīvība; bankas iesaistās tikai tādos finanšu pasākumos kā saistības pret mājsaimniecībām un aizdevumi uzņēmējiem. Tādējādi bankas naudas plūsma katrā periodā $t + 1$ katram aizdevumam ir nulle.²⁸ Par aizdevumiem B_{t+1} apjomā banka saņem bruto procentu maksājumu $Z_{t+1} B_{t+1}$ no to uzņēmēju daļas $1 - F(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t)$, kuri nav bankrotējuši. Bankas pārņem visus bankrotējušo uzņēmēju līdzekļus, no tiem atskaitot monitoringa izmaksas. Tādējādi katra perioda nulles peļņas nosacījumu izsaka šādi:

$$[1 - F(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t)] Z_{t+1} B_{t+1} + (1 - \mu) \int_0^{\bar{\omega}_{t+1}} \omega dF(\omega; \sigma_t) R_{t+1}^k P_t P_{k,t} \bar{K}_{t+1} = R_t B_{t+1}$$

²⁸ No stāvokļa atkarīgu vērtspapīru tirgu neesamība garantē, ka naudas plūsma nav negatīva. Brīva līdzdalība garantē, ka *ex ante* peļņa ir nulle. Tā kā katram tautsaimniecības stāvoklim realizācijas varbūtība ir pozitīva, abi pieņēmumi apstiprina katra perioda nulles peļņas nosacījumu.

vai pēc [53] izteiksmes izmantošanas un locekļu pārkārtošanas šādi:

$$[\Gamma(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t) - \mu G(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t)] \frac{R_{t+1}^k}{R_t} \rho_t = \rho_t - 1 \quad [54],$$

kur

$$G(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t) = \int_0^{\bar{\omega}_{t+1}} \omega dF(\omega; \sigma_t)$$

$$\Gamma(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t) = \bar{\omega}_{t+1}[1 - F(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t)] + G(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t)$$

$$\rho_t = \frac{P_t P_{k,t} \bar{K}_{t+1}}{N_{t+1}}.$$

Izteiksme $\Gamma(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t) - \mu G(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t)$ ir uzņēmēju, kuri aizņemas B_{t+1} , nopelnīto ieņēmumu daļa, kas nonāk banku rīcībā. Jāievēro, ka:

$$\Gamma_{\bar{\omega}}(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t) = 1 - F(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t) > 0$$

$$\text{un } G_{\bar{\omega}}(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t) = \bar{\omega}_{t+1} F_{\bar{\omega}}(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t) > 0.$$

Tāpēc uzņēmēju ieņēmumu daļa, kas pienākas bankām, ir nemonotona attiecībā pret $\bar{\omega}_{t+1}$.²⁹

Optimālais līgums sniegts C pielikumā. ρ_t un $\bar{\omega}_{t+1}$ ir vienādi visiem uzņēmējiem neatkarīgi no viņu tīrās vērtības. Šāds sviras rādītāja ρ_t rezultāts liecina, ka:

$$\frac{B_{t+1}}{N_{t+1}} = \rho_t - 1,$$

t.i., uzņēmēja parāda apjoms ir proporcionāls viņa tīrajai vērtībai. Pārrakstot [52] un [53] izteiksmi, iegūst uzņēmēja maksātu procentu likmi:

$$Z_{t+1} = \frac{\bar{\omega}_{t+1} R_{t+1}^k}{1 - \frac{N_{t+1}}{P_t P_{k,t} \bar{K}_{t+1}}} = \frac{\bar{\omega}_{t+1} R_{t+1}^k}{1 - \frac{1}{\rho_t}} \quad [55],$$

kas arī ir vienāda visiem uzņēmējiem neatkarīgi no viņu tīrās vērtības.

B2.3. Uzņēmēju agregācija un ārējā finansējuma prēmija

Individuālā uzņēmēja tīrās vērtības pārmaiņu likumu izsaka šādi:

$$V_t = R_t^k P_{t-1} P_{k,t-1} K_t - \Gamma(\bar{\omega}_t; \sigma_{t-1}) R_t^k P_{t-1} P_{k,t-1} K_t.$$

²⁹ BGG uzskata, ka izteiksmei [54] vienādības kreisajā pusē ir apgriezta U forma, kas ar $\bar{\omega}_{t+1} = \omega^*$ sasniedz maksimālo vērtību. Ja $\bar{\omega}_{t+1} < \omega^*$, vērtība pieaug, ja $\bar{\omega}_{t+1} > \omega^*$, tā samazinās. Tāpēc ar jebkuru doto sviras rādītāju ρ_t un R_{t+1}^k/R_t vērtības $\bar{\omega}_{t+1}$ ir bez vērtības vai tās ir divas, kas apmierina [54] vienādojumu. Līdzsvarā realizētajai $\bar{\omega}_{t+1}$ vērtībai jābūt apgrieztās U formas kreisajā pusē. Tas ir tāpēc, ka saskaņā ar [53] izteiksmi $\bar{\omega}_{t+1}$ zemākā vērtība atbilst zemākajai procentu likmei, kas uzņēmējiem nodrošina lielāku bagātību. Tieši līdzsvara līgums maksimizē uzņēmēju bagātību, kas atkarīga no nulles peļņas nosacījuma bankām. Šāds pamatojums ļauj secināt, ka $\bar{\omega}_{t+1}$ sarūk līdz ar perioda $t + 1$ šoku, kas paaugstina R_{t+1}^k . Bankrotējušo uzņēmēju daļu apzīmē ar $F(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t)$; no tā izriet, ka šoks, kas palielina R_{t+1}^k , vienlaikus negatīvi ietekmē bankrota rādītāju. Saskaņā ar [40] vienādojumu šoki, kas palielina R_{t+1}^k , var ietvert jebko, kas savukārt palielina fiziskā kapitāla vērtību un/vai kapitāla nomas likmi.

Katram uzņēmējam ir identiska un neatkarīga varbūtība $1 - \gamma_t$ beigt darbību tautsaimniecībā. Ar varbūtību γ_t uzņēmējs turpina darboties tautsaimniecībā. Tā kā izvēle ir nejauša, darbojošos uzņēmēju tīrā vērtība ir $\gamma_t \bar{V}_t$. Parādās jaunu uzņēmēju kopums $1 - \gamma_t$. Darbojošies uzņēmēji un tie, kas uzsāk uzņēmējdarbību, saņem pārvedumu W_t^e . Tas nodrošina, ka visiem uzņēmējiem – gan bankrotu pārdzīvojušiem, gan jaunpienācējiem – ir pietiekami līdzekļi, lai saņemtu aizdevumu. Visu uzņēmēju vidējā tīrā vērtība pēc pārvedumu W_t^e saņemšanas un ienākšanas tirgū, un aiziešanas no tā ir $\bar{N}_{t+1} = \gamma_t \bar{V}_t + W_t^e$ vai

$$\bar{N}_{t+1} = \gamma_t \left\{ R_t^k P_{t-1} P_{k,t-1} \bar{K}_t - \left[R_{t-1} + \frac{\mu \int_0^{\bar{\omega}_t} \omega dF(\omega; \sigma_{t-1}) R_t^k P_{t-1} P_{k,t-1} \bar{K}_t}{P_{t-1} P_{k,t-1} \bar{K}_t - \bar{N}_t} \right] \right. \\ \left. \times (P_{t-1} P_{k,t-1} \bar{K}_t - \bar{N}_t) \right\} + W_t^e \quad [56],$$

kur burta virssvītra apzīmē tā apkopoto vidējo vērtību. Tiešās ietekmes uz uzņēmēju tīro vērtību dēļ γ_t sauc par tīrās vērtības šoku. Visu uzņēmēju apkopotos rezultātus var skatīt C pielikumā.

Tagad aplūkosim ārējā finansējuma prēmiju uzņēmējiem. Uzņēmēja iekšzemes līdzekļu izmaksas (t.i., tā tīro vērtību) veido procentu likme R_t , ko tas zaudē, to piemērojot kapitālam, nevis pērkot bezriskā iekšzemes aktīvu. Visu uzņēmēju vidējie maksājumi bankai doti [56] vienādojuma kvadrātiekvāš. Tādējādi loceklis ar parametru μ attēlo ārējo līdzekļu pārsniegumu pār iekšējo līdzekļu vērtību un ir viens no finansēšanas prēmijas rādītājiem modelī. Cits rādītājs ir $Z_{t+1} - R_t$, kas izsaka uzņēmēju, kuri nav bankrotējuši, maksātās procentu likmes pārsniegumu pār bezriskā procentu likmi. Šajā pētījumā to sauc par procentu likmju starpību.

C pielikums
MODEĻU PAPILDINFORMĀCIJA
C1. Rādītāju mērogošana

Izvēlēta šāda rādītāju mērogošana. Tehnoloģiju neitrālais šoks ir z_t un tā pieauguma temps – $\mu_{z,t}$:

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

Rādītājs Ψ_t apzīmē investīcijām specifisku tehnoloģiju šoku, ko ērti izmantot, izsakot šādu investīcijām specifisku un neitrālu tehnoloģiju kopumu:

$$z_t^+ = \Psi_t^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} z_t,$$

$$\mu_{z^+,t} = \mu_{\Psi,t}^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} \mu_{z,t} \quad [57].$$

Kapitālu \bar{K}_t un investīcijas I_t mērogo ar $z_t^+ \Psi_t$. Ārvalstu un iekšzemes izmaksas I_t ražošanā (attiecīgi I_t^d un I_t^m) mērogotas ar z_t^+ . Patēriņa preces (C_t^m – importētās starppatēriņa preces, C_t^d – iekšzemē ražotās starppatēriņa preces, C_t – galapatēriņa preces) mērogotas ar z_t^+ . Valdības izdevumus, reālās algas un reālos ārvalstu aktīvus mērogo ar z_t^+ . Eksporta mērogošanu (X_t^m apzīmē importētās starppatēriņa preces, ko izmanto eksporta produkcijas ražošanā, un X_t – eksporta galapreces) veic ar z_t^+ . v_t ir mājsaimniecības ēnas vērtība iekšzemes valūtai derīguma izteiksmē un $v_t P_t$ – homogēnas iekšzemes preces vienas vienības ēnas vērtība. Lai radītu stacionaritāti, pēdējo reizina ar z_t^+ . \tilde{P}_t ir preces relatīvā cena sektorā. Iegūst:

$$k_{t+1} = \frac{K_{t+1}}{z_t^+ \Psi_t}, \bar{k}_{t+1} = \frac{\bar{K}_{t+1}}{z_t^+ \Psi_t}, i_t^d = \frac{I_t^d}{z_t^+}, i_t = \frac{I_t}{z_t^+ \Psi_t}, i_t^m = \frac{I_t^m}{z_t^+},$$

$$c_t^m = \frac{C_t^m}{z_t^+}, c_t^d = \frac{C_t^d}{z_t^+}, c_t = \frac{C_t}{z_t^+}, g_t = \frac{G_t}{z_t^+}, \bar{w}_t = \frac{W_t}{z_t^+ P_t}, a_t := \frac{S_t A_{t+1}^*}{z_t^+ P_t},$$

$$x_t^m = \frac{X_t^m}{z_t^+}, x_t = \frac{X_t}{z_t^+}, \psi_{z^+,t} = v_t P_t z_t^+, (y_t =) \tilde{y}_t = \frac{Y_t}{z_t^+}, \tilde{p}_t = \frac{\tilde{P}_t}{P_t},$$

$$n_{t+1} = \frac{\bar{N}_{t+1}}{z_t^+ P_t}, w^e = \frac{W_t^e}{z_t^+ P_t}.$$

Jaunā fiziskā kapitāla laikā t mērogoto cenu perioda $t + 1$ sākumā izsaka ar $p_{k,t}$, bet mērogoto kapitāla reālo nomas likmi – ar \bar{r}_t^k :

$$p_{k,t} = \Psi_t P_{k,t}, \bar{r}_t^k = \Psi_t r_t^k,$$

kur $P_{k,t}$ izteikts iekšzemes homogēnas preces vienībās.

S_t apzīmē nominālo valūtas kursu, bet s_t – tā pieauguma tempu:

$$s_t = \frac{S_t}{S_{t-1}}.$$

Ja $j = c, x, i$, inflācijas līmeņus izsaka šādi:

$$\pi_t = \frac{P_t}{P_{t-1}}, \pi_t^c = \frac{P_t^c}{P_{t-1}^c}, \pi_t^* = \frac{P_t^*}{P_{t-1}^*},$$

$$\pi_t^i = \frac{P_t^i}{P_{t-1}^i}, \pi_t^x = \frac{P_t^x}{P_{t-1}^x}, \pi_t^{m,j} = \frac{P_t^{m,j}}{P_{t-1}^{m,j}}.$$

Šeit P_t ir iekšzemes homogēnas preces cena, P_t^c – iekšzemes galapatēriņa preces cena (t.i., patēriņa cenu indekss), P_t^* – ārvalstu homogēnas preces cena, P_t^i – iekšzemes investīciju galapreces cena un P_t^x – eksporta galapreces cena (ārvalstu valūtā).

Cenu, kas apzīmēta ar mazo burtu, izsaka kā atbilstošo cenu ar lielo burtu (ar vienu izņēmumu), kas dalīta ar homogēnas preces cenu. Ja cena noteikta iekšzemes valūtas vienībās, daļa ar iekšzemes homogēnas preces P_t cenu. Ja cena noteikta ārvalstu valūtas vienībās, daļa ar P_t^* , t.i., ārvalstu homogēnas preces cenu. Investīciju preču P_t^i cena ir īpašs gadījums. Tā palielinās, iespējams, lēnākā tempā nekā P_t cena, tāpēc to mērogo ar P_t/Ψ_t . Tādējādi iegūst šādas izteiksmes:

$$p_t^{m,x} = \frac{P_t^{m,x}}{P_t}, p_t^{m,c} = \frac{P_t^{m,c}}{P_t}, p_t^{m,i} = \frac{P_t^{m,i}}{P_t},$$

$$p_t^x = \frac{P_t^x}{P_t^*}, p_t^c = \frac{P_t^c}{P_t}, p_t^i = \frac{\Psi_t P_t^i}{P_t} \quad [58].$$

Tajās m, j izsaka tādas importētas preces cenu, kuru pēc tam izmanto eksporta ražošanā (ja $j = x$), galapatēriņa preces ražošanā (ja $j = c$) un investīciju galapreces ražošanā (ja $j = i$). Ja ir tikai viens apakšraksts, pamatā esošā prece ir galaprece, kur $j = x, c, i$ atbilst attiecīgi eksportam, patēriņam un investīcijām.

C2. Funkcionālās formas

Pieņem, ka kapitāla izlietojums a ir šāda funkcija:

$$a(u) = 0.5\sigma_b\sigma_a u^2 + \sigma_b(1 - \sigma_a)u + \sigma_b((\sigma_a/2) - 1) \quad [59],$$

kur σ_a un σ_b ir šīs funkcijas parametri.

Investīciju korekciju izmaksu un to atvasinājumu funkcijas raksta šādi:

$$\tilde{S}(x) = \frac{1}{2} \left\{ \exp \left[\sqrt{\tilde{S}''} (x - \mu_z + \mu_\Psi) \right] + \exp \left[-\sqrt{\tilde{S}''} (x - \mu_z + \mu_\Psi) \right] - 2 \right\}$$

$$= 0, x = \mu_z + \mu_\Psi \quad [60],$$

$$\tilde{S}'(x) = \frac{1}{2} \sqrt{\tilde{S}''} \left\{ \exp \left[\sqrt{\tilde{S}''} (x - \mu_z + \mu_\Psi) \right] - \exp \left[-\sqrt{\tilde{S}''} (x - \mu_z + \mu_\Psi) \right] \right\}$$

$$= 0, x = \mu_z + \mu_\Psi \quad [61],$$

$$\tilde{S}''(x) = \frac{1}{2} \tilde{S}'' \left\{ \exp \left[\sqrt{\tilde{S}''} (x - \mu_z + \mu_\Psi) \right] + \exp \left[-\sqrt{\tilde{S}''} (x - \mu_z + \mu_\Psi) \right] \right\}$$

$$= \tilde{S}'', x = \mu_z + \mu_\Psi.$$

C3. Bāzes modelis

C3.1. PKN iekšzemes homogēnu preču cenu veidošanai

Ievietojot [7] izteiksmi [6] izteiksmē un pārkārtojot locekļus, iegūst:

$$E_t \sum_{j=0}^{\infty} \beta^j v_{t+j} P_{t+j} Y_{t+j} \left\{ \left(\frac{P_{i,t+j}}{P_{t+j}} \right)^{1-\frac{\lambda_d}{\lambda_d-1}} - mc_{t+j} \left(\frac{P_{i,t+j}}{P_{t+j}} \right)^{\frac{-\lambda_d}{\lambda_d-1}} \right\}$$

vai

$$E_t \sum_{j=0}^{\infty} \beta^j v_{t+j} P_{t+j} Y_{t+j} \left\{ (X_{t,j} \tilde{p}_t)^{1-\frac{\lambda_d}{\lambda_d-1}} - mc_{t+j} (X_{t,j} \tilde{p}_t)^{\frac{-\lambda_d}{\lambda_d-1}} \right\},$$

kur

$$\frac{P_{i,t+j}}{P_{t+j}} = X_{t,j} \tilde{p}_t, X_{t,j} := \begin{cases} \frac{\tilde{\pi}_{d,t+j} \cdots \tilde{\pi}_{d,t+1}}{\pi_{t+j} \cdots \pi_{t+1}}, & j > 0 \\ 1, & j = 0. \end{cases}$$

Uzņēmums i maksimizē peļņu, izvēloties sektora relatīvo cenu \tilde{p}_t . Tas, ka šim rādītājam trūkst indeksa i , izsaka to, ka visi uzņēmumi, kuriem periodā t bija iespēja cenas optimizēt, saskaras ar vienu un to pašu problēmu, un arī tās atrisinājums ir viens un tas pats. Diferencējot peļņas funkciju, reizinot rezultātu ar $\tilde{p}_t^{\frac{\lambda_d}{\lambda_d-1}+1}$, pārkārtojot un mērogojot, iegūst:

$$E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta \xi_d)^j A_{t+j} [\tilde{p}_t X_{t,j} - \lambda_d mc_{t+j}] = 0,$$

kur A_{t+j} no uzņēmuma viedokļa ir eksogēns:

$$A_{t+j} = \psi_{z^+,t+j} \tilde{y}_{t+j} X_{t,j}.$$

Pēc pārkārtošanas optimizējot starppatēriņa preces ražotāja uzņēmuma PKN cenām, iegūst:

$$\tilde{p}_t^d = \frac{E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta \xi_d)^j A_{t+j} \lambda_d mc_{t+j}}{E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta \xi_d)^j A_{t+j} X_{t,j}} = \frac{K_t^d}{F_t^d},$$

kur

$$K_t^d := E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta \xi_d)^j A_{t+j} \lambda_d mc_{t+j},$$

$$F_t^d := E_t \sum_{j=0}^{\infty} (\beta \xi_d)^j A_{t+j} X_{t,j}.$$

Šiem objektiem ir šāda izdevīga rekursīva izteiksme:

$$E_t \left[\psi_{z^+,t} \tilde{y}_t + \left(\frac{\tilde{\pi}_{d,t+1}}{\pi_{t+1}} \right)^{\frac{1}{1-\lambda_d}} \beta \xi_d F_{t+1}^d - F_t^d \right] = 0$$

$$E_t \left[\lambda_d \psi_{z^+,t} \tilde{y}_t mc_t + \beta \xi_d \left(\frac{\tilde{\pi}_{d,t+1}}{\pi_{t+1}} \right)^{\frac{\lambda_d}{1-\lambda_d}} K_{t+1}^d - K_t^d \right] = 0.$$

Agregēto cenu indeksu raksta šādi:

$$\begin{aligned}
 P_t &= \left[\int_0^1 P_{it}^{\frac{1}{1-\lambda_d}} di \right]^{1-\lambda_d} \\
 &= \left[(1 - \xi_p) \tilde{P}_t^{\frac{1}{1-\lambda_d}} + \xi_p (\tilde{\pi}_{d,t} P_{t-1})^{\frac{1}{1-\lambda_d}} \right]^{1-\lambda_d} \quad [62].
 \end{aligned}$$

Dalot ar P_t un pārkārtojot, iegūst:

$$\frac{1 - \xi_d \left(\frac{\tilde{\pi}_{d,t}}{\pi_t} \right)^{\frac{1}{1-\lambda_d}}}{1 - \xi_d} = (\tilde{p}_t^d)^{\frac{1}{1-\lambda_d}} \quad [63].$$

Visbeidzot, iegūst šādas līdzsvara nosacījuma izteiksmes, kas saistītas ar iekšzemes homogēnas preces ražotāju cenu veidošanu:

$$E_t \left[\psi_{z^+,t} y_t + \left(\frac{\tilde{\pi}_{d,t+1}}{\pi_{t+1}} \right)^{\frac{1}{1-\lambda_d}} \beta \xi_d F_{t+1}^d - F_t^d \right] = 0 \quad [64],$$

$$E_t \left[\lambda_d \psi_{z^+,t} y_t m c_t + \beta \xi_d \left(\frac{\tilde{\pi}_{d,t+1}}{\pi_{t+1}} \right)^{\frac{\lambda_d}{1-\lambda_d}} K_{t+1}^d - K_t^d \right] = 0 \quad [65],$$

$$p_t = \left[(1 - \xi_d) \left(\frac{1 - \xi_d \left(\frac{\tilde{\pi}_{d,t}}{\pi_t} \right)^{\frac{1}{1-\lambda_d}}}{1 - \xi_d} \right)^{\lambda_d} + \xi_d \left(\frac{\tilde{\pi}_{d,t}}{\pi_t} p_{t-1} \right)^{\frac{\lambda_d}{1-\lambda_d}} \right]^{\frac{1-\lambda_d}{\lambda_d}} \quad [66],$$

$$\left[\frac{1 - \xi_d \left(\frac{\tilde{\pi}_{d,t}}{\pi_t} \right)^{\frac{1}{1-\lambda_d}}}{1 - \xi_d} \right]^{1-\lambda_d} = \frac{K_t^d}{F_t^d} \quad [67],$$

$$\tilde{\pi}_{d,t} := (\pi_{t-1})^{\kappa_d} (\bar{\pi}_t^c)^{1-\kappa_d} (\bar{\pi})^{\kappa_d} \quad [68].$$

C3.2. Eksporta pieprasījums

Mērogojot [17] izteiksmi, iegūst:

$$x_t = (p_t^x)^{-\eta_f} y_t^* \quad [69].$$

C3.3. PKN eksporta preču cenas veidošanai

$$E_t \left[\psi_{z^+,t} q_t p_t^c p_t^x x_t + \left(\frac{\tilde{\pi}_{t+1}^x}{\pi_{t+1}^x} \right)^{\frac{1}{1-\lambda_x}} \beta \xi_x F_{x,t+1} - F_{x,t} \right] = 0 \quad [70],$$

$$E_t \left[\lambda_x \psi_{z^+,t} q_t p_t^c p_t^x x_t m c_t^x + \beta \xi_x \left(\frac{\tilde{\pi}_{t+1}^x}{\pi_{t+1}^x} \right)^{\frac{\lambda_x}{1-\lambda_x}} K_{x,t+1} - K_{x,t} \right] = 0 \quad [71],$$

$$p_t^x = \left[(1 - \xi_x) \left(\frac{1 - \xi_x \left(\frac{\hat{\pi}_t^x}{\pi_t^x} \right)^{\frac{1}{1-\lambda_x}}}{1 - \xi_x} \right)^{\lambda_x} + \xi_x \left(\frac{\hat{\pi}_t^x}{\pi_t^x} p_{t-1}^x \right)^{\frac{\lambda_x}{1-\lambda_x}} \right]^{\frac{1-\lambda_x}{\lambda_x}} \quad [72],$$

$$\left[\frac{1 - \xi_x \left(\frac{\hat{\pi}_t^x}{\pi_t^x} \right)^{\frac{1}{1-\lambda_x}}}{1 - \xi_x} \right]^{1-\lambda_x} = \frac{K_{x,t}}{F_{x,t}} \quad [73].$$

Linearizēti ap stabilu līdzsvara stāvokli un ja $\dot{u}_{m,j} = 0$, [70]–[73] vienādojums reducēts šādi:

$$\begin{aligned} \hat{\pi}_t^x &= \frac{\beta}{1 + \kappa_x \beta} E_t \hat{\pi}_{t+1}^x + \frac{\kappa_x}{1 + \kappa_x \beta} \hat{\pi}_{t-1}^x \\ &+ \frac{1}{1 + \kappa_x \beta} \frac{(1 - \beta \xi_x)(1 - \xi_x)}{\xi_x} \widehat{mc}_t^x, \end{aligned}$$

kur cirkumflekss (*hat*) virs rādītāja norāda uz logaritma novirzi no stabila līdzsvara stāvokļa.

C3.4. Iekšzemes ieguldījuma pieprasījums eksporta ražošanā

Integrējot [24] vienādojumu, iegūst:

$$\begin{aligned} \int_0^1 X_{i,t}^d di &= \left(\frac{\lambda}{\tau_t^x R_t^x P_t} \right)^{\eta_x} (1 - \omega_x) \int_0^1 X_{i,t} di \\ &= \left(\frac{\lambda}{\tau_t^x R_t^x P_t} \right)^{\eta_x} (1 - \omega_x) X_t \frac{\int_0^1 (P_{i,t}^x)^{\frac{-\lambda_x}{\lambda_x - 1}} di}{(P_t^x)^{\frac{-\lambda_x}{\lambda_x - 1}}} \end{aligned} \quad [74].$$

P_t^x – lineāro homogēno funkciju no $P_{i,t}^x$ – izsaka šādi:

$$P_t^x = \left[\int_0^1 (P_{i,t}^x)^{\frac{-\lambda_x}{\lambda_x - 1}} di \right]^{\frac{\lambda_x - 1}{-\lambda_x}}.$$

Aprēķina, ka:

$$(P_t^x)^{\frac{-\lambda_x}{\lambda_x - 1}} = \int_0^1 (P_{i,t}^x)^{\frac{-\lambda_x}{\lambda_x - 1}} di$$

un

$$\int_0^1 X_{i,t}^d di = \left(\frac{\lambda}{\tau_t^x R_t^x P_t} \right)^{\eta_x} (1 - \omega_x) X_t (P_t^x)^{\frac{-\lambda_x}{\lambda_x - 1}} \quad [75],$$

kur

$$p_t^x := \frac{P_t^x}{P_t}.$$

p_t^x kustības likumu sniedz [72] vienādojums.

Nākamais solis ir vienkāršot [75] izteiksmi. Pārrakstot [20] izteiksmes otro vienādību, iegūst:

$$\frac{\lambda}{P_t \tau_t^x R_t^x} = \frac{S_t P_t^x}{P_t q_t p_t^c p_t^x} [\omega_x (p_t^{m,x})^{1-\eta_x} + (1 - \omega_x)]^{\frac{1}{1-\eta_x}}$$

vai

$$\frac{\lambda}{P_t \tau_t^x R_t^x} = \frac{S_t P_t^x}{P_t \frac{P_t^* P_t^c P_t^x}{P_t^c P_t^*}} [\omega_x (p_t^{m,x})^{1-\eta_x} + (1 - \omega_x)]^{\frac{1}{1-\eta_x}},$$

vai

$$\frac{\lambda}{P_t \tau_t^x R_t^x} = [\omega_x (p_t^{m,x})^{1-\eta_x} + (1 - \omega_x)]^{\frac{1}{1-\eta_x}}.$$

Ievietojot [75] izteiksmē, iegūst šādu rezultātu:

$$X_t^d = \int_0^1 X_{i,t}^d di = [\omega_x (p_t^{m,x})^{1-\eta_x} + (1 - \omega_x)]^{\frac{\eta_x}{1-\eta_x}} (1 - \omega_x) (p_t^x)^{\frac{-\lambda_x}{\lambda_x-1}} (p_t^x)^{-\eta_x} Y_t^*.$$

C3.5. Importēta ieguldījuma pieprasījums eksporta ražošanā

Pēc [26] vienādojuma mērogošanas iegūst:

$$x_t^m = \omega_x \left(\frac{[\omega_x (p_t^{m,x})^{1-\eta_x} + (1 - \omega_x)]^{\frac{1}{1-\eta_x}}}{p_t^{m,x}} \right)^{\eta_x} (p_t^x)^{\frac{-\lambda_x}{\lambda_x-1}} (p_t^x)^{-\eta_f} y_t^* \quad [76].$$

C3.6. Starppatēriņa preču ražotāju importa vērtība

Interesanti aprēķināt, kāda ir starppatēriņa preču ražotāju importa vērtība:

$$S_t P_t^* R_t^{v,*} \int_0^1 C_{i,t}^m di.$$

Lai to attiecinātu uz C_t^m , pieprasījuma līkni ievieto iepriekšējā izteiksmē:

$$\begin{aligned} S_t P_t^* R_t^{v,*} \int_0^1 C_t^m \left(\frac{P_t^{m,c}}{P_{i,t}^{m,c}} \right)^{\frac{\lambda_{m,c}}{\lambda_{m,c}-1}} di &= S_t P_t^* R_t^{v,*} C_t^m (P_t^{m,c})^{\frac{\lambda_{m,c}}{\lambda_{m,c}-1}} \int_0^1 (P_{i,t}^{m,c})^{\frac{-\lambda_{m,c}}{\lambda_{m,c}-1}} di \\ &= S_t P_t^* R_t^{v,*} C_t^m \left(\frac{P_t^{m,c}}{P_t^{m,c}} \right)^{\frac{\lambda_{m,c}}{1-\lambda_{m,c}}}, \end{aligned}$$

kur

$$P_t^{m,c} = \left[\int_0^1 (P_{i,t}^{m,c})^{\frac{\lambda_{m,c}}{1-\lambda_{m,c}}} \right]^{\frac{1-\lambda_{m,c}}{\lambda_{m,c}}}.$$

Tādējādi kopējā importa vērtība patēriņa sektorā ir šāda:

$$S_t P_t^* R_t^{v,*} C_t^m (p_t^{m,c})^{\frac{\lambda_{m,c}}{1-\lambda_{m,c}}} \quad [77],$$

kur

$$p_t^{m,c} = \frac{P_t^{m,c}}{P_t^{m,c}}.$$

Līdzīgi aprēķina vērtību importam, ko izmanto investīciju un eksporta ražošanas sektorā.

C3.7. Importētāju robežmaksas

Ja $j = c, i, x$, reālās robežmaksas ir šādas:

$$\begin{aligned} mc_t^{m,j} &= \tau_t^{m,j} \frac{S_t P_t^*}{p_t^{m,j}} R_t^{v,*} = \tau_t^{m,j} \frac{S_t P_t^* P_t^c P_t}{P_t^c P_t^{m,j} P_t} R_t^{v,*} \\ &= \tau_t^{m,j} \frac{q_t p_t^c}{p_t^{m,j}} R_t^{v,*} \end{aligned} \quad [78].$$

C3.8. PKN importēto preču cenas veidošanai

Ja $j = c, t, x$,

$$E_t \left[\psi_{z^+,t} p_t^{m,j} \Xi_t^j + \left(\frac{\tilde{\pi}_{t+1}^{m,j}}{\pi_{t+1}^{m,j}} \right)^{\frac{1}{1-\lambda_{m,j}}} \beta \xi_{m,j} F_{m,j,t+1} - F_{m,j,t} \right] = 0 \quad [79],$$

$$E_t \left[\lambda_{m,j} \psi_{z^+,t} p_t^{m,j} mc_t^{m,j} \Xi_t^j + \beta \xi_{m,j} \left(\frac{\tilde{\pi}_{t+1}^{m,j}}{\pi_{t+1}^{m,j}} \right)^{\frac{\lambda_{m,j}}{1-\lambda_{m,j}}} K_{m,j,t+1} - K_{m,j,t} \right] = 0 \quad [80],$$

$$p_t^{m,j} = \left[(1 - \xi_{m,j}) \left(\frac{1 - \xi_{m,j} \left(\frac{\tilde{\pi}_t^{m,j}}{\pi_t^{m,j}} \right)^{\frac{1}{1-\lambda_{m,j}}}}{1 - \xi_{m,j}} \right)^{\lambda_{m,j}} + \xi_{m,j} \left(\frac{\tilde{\pi}_t^{m,j}}{\pi_t^{m,j}} p_{t-1}^{m,j} \right)^{\frac{\lambda_{m,j}}{1-\lambda_{m,j}}} \right]^{\frac{1-\lambda_{m,j}}{\lambda_{m,j}}} \quad [81],$$

$$\left[\frac{1 - \xi_{m,j} \left(\frac{\tilde{\pi}_t^{m,j}}{\pi_t^{m,j}} \right)^{\frac{1}{1-\lambda_{m,j}}}}{1 - \xi_{m,j}} \right]^{1-\lambda_{m,j}} = \frac{K_{m,j,t}}{F_{m,j,t}} \quad [82],$$

kur

$$\Xi_t^j = \begin{cases} c_t^m & j = c \\ x_t^m & j = x. \\ i_t^m & j = i \end{cases}$$

C3.9. Algu veidošanas nosacījumi bāzes modeli

Ievietojot [37] izteiksmi [36] mērķa funkcijas izteiksmē, iegūst:

$$\begin{aligned} E_t^j \sum_0^\infty (\beta \xi_w)^i [-\zeta_{t+i}^h A_L \frac{\left(\frac{\tilde{W}_t \tilde{\pi}_{w,t+i} \cdots \tilde{\pi}_{w,t+1}}{W_{t+i}} \right)^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} H_{t+i}}{1+\sigma_L} \\ + v_{t+i} \tilde{W}_t \tilde{\pi}_{w,t+i} \cdots \tilde{\pi}_{w,t+1} \left(\frac{\tilde{W}_t \tilde{\pi}_{w,t+i} \cdots \tilde{\pi}_{w,t+1}}{W_{t+i}} \right)^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} H_{t+i} \frac{1-\tau^y}{1+\tau^y}]. \end{aligned}$$

Ar atkārtoti mērogotiem rādītājiem aprēķina:

$$\frac{\tilde{W}_t \tilde{\pi}_{w,t+i} \cdots \tilde{\pi}_{w,t+1}}{W_{t+i}} = \frac{\tilde{W}_t \tilde{\pi}_{w,t+1} \cdots \tilde{\pi}_{w,t+1}}{\bar{w}_{t+i} z_{t+i}^+ P_{t+i}} = \frac{\tilde{W}_t}{\bar{w}_{t+i} z_{t+i}^+ P_t} X_{t,i}$$

$$= \frac{w_t(\bar{W}_t/W_t)}{\bar{w}_{t+i}z_t^+P_t} X_{t,i} = \frac{\bar{w}_t(\bar{W}_t/W_t)}{\bar{w}_{t+i}} X_{t,i} = \frac{w_t\bar{w}_t}{\bar{w}_{t+i}} X_{t,i},$$

kur

$$X_{t,i} = \begin{cases} \frac{\tilde{\pi}_{w,t+i} \cdots \tilde{\pi}_{w,t+1}}{\pi_{t+i}\pi_{t+i-1} \cdots \pi_{t+1}\mu_{z^+,t+i} \cdots \mu_{z^+,t+1}}, & i > 0 \\ 1, & i = 0. \end{cases}$$

Lietderīgi uzināt $X_{t,i}$ vērtību stabilā līdzsvara stāvoklī, ja $i \rightarrow \infty$. Tādā gadījumā:

$$X_{t,i} = \frac{(\pi_t^c \cdots \pi_{t+i-1}^c)^{\kappa_w} (\bar{\pi}_{t+1}^c \cdots \bar{\pi}_{t+i}^c)^{1-\kappa_w - \dot{u}_w} (\bar{\pi}^i)^{\dot{u}_w} (\mu_{z^+}^i)^{\vartheta_w}}{\pi_{t+i}\pi_{t+i-1} \cdots \pi_{t+1}\mu_{z^+,t+i} \cdots \mu_{z^+,t+1}}.$$

Stabila līdzsvara stāvoklī:

$$X_{t,i} = \frac{(\bar{\pi}^i)^{\kappa_w} (\bar{\pi}^i)^{1-\kappa_w - \dot{u}_w} (\bar{\pi}^i)^{\dot{u}_w} (\mu_{z^+}^i)^{\vartheta_w}}{\bar{\pi}^i \mu_{z^+}^i}$$

$$= \left(\frac{\bar{\pi}^i}{\bar{\pi}^i}\right)^{\dot{u}_w} (\mu_{z^+}^i)^{\vartheta_w - 1}$$

$\rightarrow 0$

neindeksētā gadījumā, kur $\tilde{\pi} = 1$, $\dot{u}_w = 1$ un $\vartheta_w = 0$.

Pēc vienkāršošanas mērogojot iegūst:

$$E_t^j \sum_{i=0}^{\infty} (\beta \xi_w)^i [-\zeta_{t+i}^h A_L \frac{\left(\left(\frac{w_t \bar{w}_t}{\bar{w}_{t+i}} X_{t,i} \right)^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} H_{t+i} \right)^{1+\sigma_L}}{1+\sigma_L}]$$

$$+ v_{t+i} W_{t+i} \frac{w_t \bar{w}_t}{\bar{w}_{t+i}} X_{t,i} \left(\frac{w_t \bar{w}_t}{\bar{w}_{t+i}} X_{t,i} \right)^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} H_{t+i} \frac{1-\tau^y}{1+\tau^w}]$$

vai

$$E_t^j \sum_{i=0}^{\infty} (\beta \xi_w)^i [-\zeta_{t+i}^h A_L \frac{\left(\left(\frac{w_t \bar{w}_t}{\bar{w}_{t+i}} X_{t,i} \right)^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} H_{t+i} \right)^{1+\sigma_L}}{1+\sigma_L}]$$

$$+ \psi_{z^+,t+i} w_t \bar{w}_t X_{t,i} \left(\frac{w_t \bar{w}_t}{\bar{w}_{t+i}} X_{t,i} \right)^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} H_{t+i} \frac{1-\tau^y}{1+\tau^w},$$

vai

$$E_t^j \sum_{i=0}^{\infty} (\beta \xi_w)^i [-\zeta_{t+i}^h A_L \frac{\left(\left(\frac{\bar{w}_t}{\bar{w}_{t+i}} X_{t,i} \right)^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} H_{t+i} \right)^{1+\sigma_L}}{1+\sigma_L}] w_t^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w} (1+\sigma_L)}$$

$$+ \psi_{z^+,t+i} w_t^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} \bar{w}_t X_{t,i} \left(\frac{\bar{w}_t}{\bar{w}_{t+i}} X_{t,i} \right)^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} H_{t+i} \frac{1-\tau^y}{1+\tau^w}].$$

Diferencējot attiecībā uz w_t un aprēķinot algas likmi (izlaistas dažas matemātiskās darbības), iegūst:

$$\begin{aligned}
 w_t^{\frac{1-\lambda_w(1+\sigma_L)}{1-\lambda_w}} &= \frac{E_t^j \sum_{i=0}^{\infty} (\beta \xi_w)^i \zeta_{t+i}^h A_L \left(\left(\frac{\bar{w}_t}{\bar{w}_{t+i}} X_{t,i} \right)^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} H_{t+i} \right)^{1+\sigma_L}}{E_t^j \sum_{i=0}^{\infty} (\beta \xi_w)^i \frac{\psi_{z^+,t+i}}{\lambda_w} \bar{w}_t X_{t,i} \left(\frac{\bar{w}_t}{\bar{w}_{t+i}} X_{t,i} \right)^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} H_{t+i}^{\frac{1-\tau^y}{1+\tau^w}}}, \\
 &= \frac{A_L K_{w,t}}{\bar{w}_t F_{w,t}},
 \end{aligned}$$

kur

$$K_{w,t} := E_t^j \sum_{i=0}^{\infty} (\beta \xi_w)^i \zeta_{t+i}^h \left(\left(\frac{\bar{w}_t}{\bar{w}_{t+i}} X_{t,i} \right)^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} H_{t+i} \right)^{1+\sigma_L}$$

$$F_{w,t} := E_t^j \sum_{i=0}^{\infty} (\beta \xi_w)^i \frac{\psi_{z^+,t+i}}{\lambda_w} X_{t,i} \left(\frac{\bar{w}_t}{\bar{w}_{t+i}} X_{t,i} \right)^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} H_{t+i}^{\frac{1-\tau^y}{1+\tau^w}}.$$

Algu, ko nosaka, atkārtoti optimizējot mājsaimniecības, izsaka šādi:

$$w_t = \left[\frac{A_L K_{w,t}}{\bar{w}_t F_{w,t}} \right]^{\frac{1-\lambda_w}{1-\lambda_w(1+\sigma_L)}}.$$

Tālāk $K_{w,t}$ un $F_{w,t}$ tiek izteikti rekursīvā formā (izlaistas dažas matemātiskās darbības):

$$K_{w,t} = \zeta_t^h H_t^{1+\sigma_L} + \beta \xi_w E_t \left(\frac{\bar{w}_{t+1}}{\pi_{w,t+1}} \right)^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}(1+\sigma_L)} K_{w,t+1},$$

kur

$$\pi_{w,t+1} = \frac{W_{t+1}}{W_t} = \frac{\bar{w}_{t+1} z_{t+1}^+ P_{t+1}}{\bar{w}_t z_t^+ P_t} = \frac{\bar{w}_{t+1} \mu_{z^+,t+1} \pi_{t+1}}{\bar{w}_t} \quad [83]$$

un (izlaistas dažas matemātiskās darbības)

$$F_{w,t} = \frac{\psi_{z^+,t}}{\lambda_w} H_t^{\frac{1-\tau^y}{1+\tau^w}} + \beta \xi_w E_t \left(\frac{\bar{w}_{t+1}}{\bar{w}_t} \right) \left(\frac{\bar{\pi}_{w,t+1}}{\pi_{w,t+1}} \right)^{1+\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} F_{w,t+1}.$$

Otru ierobežojumu w_t iegūst, izmantojot agregētās algu likmes un atsevišķu mājsaimniecību algu likmes:

$$W_t = \left[(1 - \xi_w) (\tilde{W}_t)^{\frac{1}{1-\lambda_w}} + \xi_w (\tilde{\pi}_{w,t} W_{t-1})^{\frac{1}{1-\lambda_w}} \right]^{1-\lambda_w}.$$

Abas puses daļa ar W_t un pārkārto locekļus:

$$w_t = \left[\frac{1 - \xi_w \left(\frac{\bar{\pi}_{w,t}}{\pi_{w,t}} \right)^{\frac{1}{1-\lambda_w}}}{1 - \xi_w} \right]^{1-\lambda_w}.$$

Ievietojot w_t no mājsaimniecību algu optimizācijas PKN, aprēķina:

$$\frac{1}{A_L} \left[\frac{1 - \xi_w \left(\frac{\bar{\pi}_{w,t}}{\pi_{w,t}} \right)^{\frac{1}{1-\lambda_w}}}{1 - \xi_w} \right]^{1-\lambda_w(1+\sigma_L)} \bar{w}_t F_{w,t} = K_{w,t}.$$

Tālāk iegūst kopējo homogēno nostrādāto darba stundu skaita H_t un kopējā mąjsaimniecību stundu skaita sakarību:

$$h_t := \int_0^1 h_{j,t} dj.$$

Ievietojot $h_{j,t}$ pieprasījumu iepriekšējā izteiksmē, aprēķina:

$$\begin{aligned} h_t &= \int_0^1 \left(\frac{W_{j,t}}{W_t}\right)^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} H_t dj \\ &= \frac{H_t}{(W_t)^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}}} \int_0^1 (W_{j,t})^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} dj \\ &= w_t^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} H_t \end{aligned} \quad [84],$$

kur

$$w_t = \frac{W_t}{W_t}, W_t = \left[\int_0^1 (W_{j,t})^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} dj \right]^{\frac{1-\lambda_w}{\lambda_w}}$$

un

$$W_t = \left[(1 - \xi_w) (\tilde{W}_t)^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} + \xi_w (\tilde{\pi}_{w,t} W_{t-1})^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} \right]^{\frac{1-\lambda_w}{\lambda_w}},$$

tā, lai

$$\begin{aligned} w_t &= \left[(1 - \xi_w) (w_t)^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} + \xi_w \left(\frac{\tilde{\pi}_{w,t}}{\pi_{w,t}} W_{t-1} \right)^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} \right]^{\frac{1-\lambda_w}{\lambda_w}} \\ &= \left[(1 - \xi_w) \left(\frac{1 - \xi_w \left(\frac{\tilde{\pi}_{w,t}}{\pi_{w,t}} \right)^{\frac{1}{1-\lambda_w}}}{1 - \xi_w} \right)^{\lambda_w} + \xi_w \left(\frac{\tilde{\pi}_{w,t}}{\pi_{w,t}} W_{t-1} \right)^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} \right]^{\frac{1-\lambda_w}{\lambda_w}} \end{aligned} \quad [85].$$

Papildus [85] izteiksmei iegūst ar neelastīgām algām saistītus šādu līdzsvara nosacījumus:

$$F_{w,t} = \frac{\psi_{z^+,t}}{\lambda_w} w_t^{\frac{-\lambda_w}{1-\lambda_w}} h_t \frac{1-\tau^y}{1+\tau^w} + \beta \xi_w E_t \left(\frac{\bar{w}_{t+1}}{\bar{w}_t} \right) \left(\frac{\tilde{\pi}_{w,t+1}}{\pi_{w,t+1}} \right)^{1+\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} F_{w,t+1} \quad [86],$$

$$K_{w,t} = \zeta_t^h \left(w_t^{\frac{-\lambda_w}{1-\lambda_w}} h_t \right)^{1+\sigma_L} + \beta \xi_w E_t \left(\frac{\tilde{\pi}_{w,t+1}}{\pi_{w,t+1}} \right)^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}(1+\sigma_L)} K_{w,t+1} \quad [87],$$

$$\frac{1}{A_L} \left[\frac{1 - \xi_w \left(\frac{\tilde{\pi}_{w,t}}{\pi_{w,t}} \right)^{\frac{1}{1-\lambda_w}}}{1 - \xi_w} \right]^{1-\lambda_w(1+\sigma_L)} \bar{w}_t F_{w,t} = K_{w,t} \quad [88].$$

C3.10. Kapitāla kustības likuma mērogošana

Kapitāla kustības likumu mērogotā veidā, izmantojot [38] izteiksmi, var rakstīt šādi:

$$\bar{k}_{t+1} = \frac{1-\delta}{\mu_{z^+,t}\mu_{\psi,t}} \bar{k}_t + \Upsilon_t \left(1 - \tilde{S} \left(\frac{\mu_{z^+,t}\mu_{\psi,t} \dot{i}_t}{i_{t-1}} \right) \right) \dot{i}_t \quad [89].$$

C3.11. Izlaide un ražošanas faktoru kopums

Turpmāk iegūst sakarību starp kopējo iekšzemes homogēnas preces Y_t izlaidi un ražošanas faktoru kopumu.

Aplūko nesvērtu starppatēriņa preču vidējo lielumu:

$$\begin{aligned} Y_t^{sum} &= \int_0^1 Y_{i,t} di \\ &= \int_0^1 [(z_t H_{i,t})^{1-\alpha} \varepsilon_t K_{i,t}^\alpha - z_t^+ \phi] di \\ &= \int_0^1 \left[z_t^{1-\alpha} \varepsilon_t \left(\frac{K_{i,t}}{H_{i,t}} \right)^\alpha H_{i,t} - z_t^+ \phi \right] di \\ &= z_t^{1-\alpha} \varepsilon_t \left(\frac{K_t}{H_t} \right)^\alpha \int_0^1 H_{i,t} di - z_t^+ \phi, \end{aligned}$$

kur K_t ir kapitāla pakalpojumu vidējais lielums visā tautsaimniecībā un H_t – homogēna darba vidējais lielums visā tautsaimniecībā. Pēdējā izteiksmē izmantots fakts, ka visi starppatēriņa preču uzņēmumi saskaras ar vienādām faktoru cenām, tādējādi to pieņemtā kapitāla pakalpojumu un homogēna darba attiecība ir vienāda. Tas izriet no izmaksu samazināšanas un ir spēcīgā attiecībā uz visiem uzņēmumiem neatkarīgi no atkārtotas optimizācijas iespējas. Tādā gadījumā:

$$Y_t^{sum} = z_t^{1-\alpha} \varepsilon_t K_t^\alpha H_t^{1-\alpha} - z_t^+ \phi.$$

$Y_{j,t}$ pieprasījumu izsaka šādi:

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

lai iegūtu:

$$Y_t := \int_0^1 Y_{i,t} di = \int_0^1 Y_t \left(\frac{P_t}{P_{i,t}} \right)^{\frac{\lambda_d}{\lambda_d-1}} di = Y_t P_t^{\frac{\lambda_d}{\lambda_d-1}} (P_t)^{\frac{\lambda_d}{1-\lambda_d}},$$

kur

$$P_t = \left[\int_0^1 P_{i,t}^{\frac{\lambda_d}{1-\lambda_d}} di \right]^{\frac{1-\lambda_d}{\lambda_d}} \quad [90].$$

Dalot ar P_t , iegūst:

$$p_t = \left[\int_0^1 \left(\frac{P_{i,t}}{P_t} \right)^{\frac{\lambda_d}{1-\lambda_d}} di \right]^{\frac{1-\lambda_d}{\lambda_d}}$$

vai

$$p_t = \left[(1 - \xi_p) \left(\frac{1 - \xi_p \left(\frac{\tilde{\pi}_{d,t}}{\pi_t} \right)^{\frac{1}{1-\lambda_d}}}{1 - \xi_p} \right)^{\lambda_d} + \xi_p \left(\frac{\tilde{\pi}_{d,t}}{\pi_t} p_{t-1} \right)^{\frac{\lambda_d}{1-\lambda_d}} \right]^{\frac{1-\lambda_d}{\lambda_d}} \quad [91].$$

Iepriekšējais aprēķins liecina, ka:

$$Y_t = (p_t)^{\frac{\lambda_d}{\lambda_d-1}} Y_t = (p_t)^{\frac{\lambda_d}{\lambda_d-1}} [z_t^{1-\alpha} \varepsilon_t K_t^\alpha H_t^{1-\alpha} - z_t^+ \phi]$$

vai pēc mērogošanas ar z_t^+ :

$$y_t = (p_t)^{\frac{\lambda_d}{\lambda_d-1}} \left[\varepsilon_t \left(\frac{1}{\mu_{\Psi,t} \mu_{z^+,t}} k_t \right)^\alpha H_t^{1-\alpha} - \phi \right],$$

kur

$$k_t = \bar{k}_t u_t \quad [92].$$

Ievietojot H_t no [84] izteiksmes, aprēķina:

$$y_t = (p_t)^{\frac{\lambda_d}{\lambda_d-1}} \left[\varepsilon_t \left(\frac{1}{\mu_{\Psi,t} \mu_{z^+,t}} k_t \right)^\alpha \left(w_t^{\frac{\lambda_w}{1-\lambda_w}} h_t \right)^{1-\alpha} - \phi \right].$$

C3.12. Inflācijas līmeņa ierobežojumi

Tagad aplūkoti inflācijas līmeņa ierobežojumi, izmantojot relatīvo cenu izteiksmes. Uz tiem norāda [58] izteiksmes locekļi $P_t^{m,j}/p_{t-1}^{m,j}$, $j = x, c, i$ un p_t^x . Ierobežojumi, kurus [58] izteiksmē izsaka pārējie divi relatīvo cenu locekļi p_t^i un p_t^c , jau izmantoti attiecīgi [16] un [89] izteiksmē. Visbeidzot, inflācijas līmeņiem izmantots arī ierobežojums, ko izsaka q_t/q_{t-1} un [23] izteiksme. Iegūts šāds rezultāts:

$$\frac{p_t^{m,x}}{p_{t-1}^{m,x}} = \frac{\pi_t^{m,x}}{\pi_t} \quad [93],$$

$$\frac{p_t^{m,c}}{p_{t-1}^{m,c}} = \frac{\pi_t^{m,c}}{\pi_t} \quad [94],$$

$$\frac{p_t^{m,i}}{p_{t-1}^{m,i}} = \frac{\pi_t^{m,i}}{\pi_t} \quad [95],$$

$$\frac{p_t^x}{p_{t-1}^x} = \frac{\pi_t^x}{\pi_t^*} \quad [96],$$

$$\frac{q_t}{q_{t-1}} = \frac{s_t \pi_t^*}{\pi_t^c} \quad [97].$$

C3.13. Bāzes modeļa endogēnie rādītāji

Iepriekš iegūti šādi 70 vienādojumi:

[3], [4], [5], [64], [65], [66], [67], [68], [59], [10], [11], [12], [15], [16], [14], [69], [21], [20], [27], [70], [71], [72], [73], [76], [29], [79], [80], [81], [82], [32], [78], [60], [61], [89], [39], [41], [42], [43], [44], [45], [47], [86], [87], [88], [85], [35], [83], [84], [92], [49], [51], [50], [93], [94], [95], [96], [97], [48],

kurus var izmantot 70 nezināmo aprēķināšanā:

$$\begin{aligned} & \bar{r}_t^k, \bar{w}_t, R_t^{v,*}, R_t^f, R_t^x, R_t, mc_t, mc_t^x, mc_t^{m,c}, mc_t^{m,i}, mc_t^{m,x}, \pi_t, \pi_t^x, \pi_t^c, \pi_t^i, \pi_t^{m,c}, \\ & \pi_t^{m,i}, \pi_t^{m,x}, p_t^c, p_t^x, p_t^i, p_t^{m,x}, p_t^{m,c}, p_t^{m,i}, p_{k,t}, k_{t+1}, \bar{k}_{t+1}, u_t, h_t, H_t, q_t, i_t, c_t, x_t, a_t, \\ & \psi_{z^+,t}, y_t, K_t^d, F_t^d, \tilde{\pi}_{d,t}, p_t, K_{x,t}, F_{x,t}, \tilde{\pi}_t^x, p_t^x, \{K_{m,j,t}, F_{m,j,t}, \tilde{\pi}_t^{m,j}, p_t^{m,j}; j = c, i, x\}, \\ & K_{w,t}, F_{w,t}, \tilde{\pi}_t^w, R_t^k, \Phi_t, \tilde{S}_t, \tilde{S}_t', a(u_t), w_t, c_t^m, i_t^m, x_t^m, \pi_w. \end{aligned}$$

C4. Līdzsvara nosacījumi finanšu frikciju modelim

C4.1. Optimāla līguma iegūšana

Tekstā jau minēts, ka līdzsvara parāda (aizdevuma) līgums maksimizē uzņēmēja bagātību atkarībā no nulles peļņas nosacījuma bankām un noteiktās nepieciešamās peļņas mājsaimniecībām no noguldījumiem bankā. Parāda līgums laikā t nosaka parāda B_{t+1} līmeni un no stāvokļa laikā $t + 1$ atkarīgu procentu likmi Z_{t+1} . Pieņem, ka uzņēmēja bagātība atbilst uzņēmēja gaidītajai bagātībai līguma darbības beigās. Bagātību var vienkārši izteikt kā proporciju no summas, ko uzņēmējs varētu nopelnīt, savu tīro bagātību noguldot bankā:

$$\begin{aligned} & \frac{E_t \int_{\bar{\omega}_{t+1}}^{\infty} [R_{t+1}^k \omega P_t P_{k',t} \bar{K}_{t+1} - Z_{t+1} B_{t+1}] dF(\omega; \sigma_t)}{R_t N_{t+1}} \\ & = \frac{E_t \int_{\bar{\omega}_{t+1}}^{\infty} [\omega - \bar{\omega}_{t+1}] dF(\omega; \sigma_t) R_{t+1}^k P_t P_{k',t} \bar{K}_{t+1}}{R_t N_{t+1}} \\ & = E_t \left\{ [1 - \Gamma(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t)] \frac{R_{t+1}^k}{R_t} \right\} \rho_t, \end{aligned}$$

izmantojot [52], [53] vienādojumu un

$$1 = \int_0^{\infty} \omega dF(\omega; \sigma_t) = \int_{\bar{\omega}_{t+1}}^{\infty} \omega dF(\omega; \sigma_t) + G(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t).$$

Līgumu līdzīgi raksturo no stāvokļa laikā $t + 1$ atkarīga vērtību kopa parametram $\bar{\omega}_{t+1}$ un ρ_t vērtība. Līdzsvara līgums ir tas, kurā izmanto $\bar{\omega}_{t+1}$ un ρ_t , kas maksimizē uzņēmēja bagātību (attiecībā uz $R_t N_{t+1}$) atkarībā no bankas nulles peļņas nosacījuma. Izmantojot Lagranža metodi, šo problēmu raksta šādi:

$$\max_{\rho_t, \{\bar{\omega}_{t+1}\}} E_t \left\{ [1 - \Gamma(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t)] \frac{R_{t+1}^k}{R_t} \rho_t + \lambda_{t+1} \left([\Gamma(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t) - \mu G(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t)] \frac{R_{t+1}^k}{R_t} \rho_t - \rho_t + 1 \right) \right\},$$

kur λ_{t+1} ir Lagranža reizinātājs, ko nosaka katram perioda $t + 1$ stāvoklim. Šīs problēmas PKN ir:

$$\begin{aligned} & E_t \left\{ [1 - \Gamma(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t)] \frac{R_{t+1}^k}{R_t} + \lambda_{t+1} \left([\Gamma(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t) - \mu G(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t)] \frac{R_{t+1}^k}{R_t} - 1 \right) \right\} = 0 \\ & -\Gamma_{\bar{\omega}}(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t) \frac{R_{t+1}^k}{R_t} + \lambda_{t+1} [\Gamma_{\bar{\omega}}(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t) - \mu G_{\bar{\omega}}(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t)] \frac{R_{t+1}^k}{R_t} = 0 \\ & \frac{R_{t+1}^k}{R_t} \rho_t - \rho_t + 1 = 0, \end{aligned}$$

kur λ_{t+1} neesamība Lagranža ierobežojuma nosacījumā atspoguļo pieņēmumu, ka $\lambda_{t+1} > 0$ katrā perioda $t + 1$ stāvoklī. Ievietojot λ_{t+1} no otrā vienādojuma pirmajā, PKN samazinās līdz:

$$E_t \left\{ [1 - \Gamma(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_{t+1})] \frac{R_{t+1}^k}{R_t} + \frac{\Gamma_{\bar{\omega}}(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t)}{\Gamma_{\bar{\omega}}(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t) - \mu G_{\bar{\omega}}(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t)} \times \right. \\ \left. \left([\Gamma(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t) - \mu G(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t)] \frac{R_{t+1}^k}{R_t} - 1 \right) \right\} = 0 \quad [98],$$

$$\frac{R_{t+1}^k}{R_t} \rho_t - \rho_t + 1 = 0 \quad [99]$$

attiecīgi $t = 0, 1, 2, \dots, \infty$ un $t = -1, 0, 1, 2, \dots$.

Tā kā N_{t+1} nav iekļauts divos pēdējos vienādojumos, ρ_t un $\bar{\omega}_{t+1}$ ir vienādi visiem uzņēmējiem neatkarīgi no viņu tīrās vērtības.

C4.2. Visu uzņēmēju kopuma atvasināšana

$f(N_{t+1})$ apzīmē uzņēmēju ar tīro vērtību N_{t+1} blīvumu. Tādā gadījumā agregētā vidējā tīrā vērtība \bar{N}_{t+1} ir šāda:

$$\bar{N}_{t+1} = \int_{N_{t+1}} N_{t+1} f(N_{t+1}) dN_{t+1}.$$

Pēc tam loceklim \bar{N}_{t+1} atvasina kustības likumu. Aplūko uzņēmēju kopumu, kura tīrā vērtība periodā $t - 1$ bija N . Pēc tam, kad uzņēmēji nokārto saistības pret banku periodā t , viņu tīro vērtību izsaka V_t^N , kur:

$$V_t^N = R_t^k P_{t-1} P_{k',t-1} \bar{K}_t^N - \Gamma(\bar{\omega}_t; \sigma_{t-1}) R_t^k P_{t-1} P_{k',t-1} \bar{K}_t^N \quad [100],$$

kur \bar{K}_t^N ir fiziskā kapitāla daudzums, ko uzņēmēji ar tīro vērtību N_t iegūst periodā $t - 1$. Kapitāla tirgus līdzsvars nosaka, ka:

$$\bar{K}_t = \int_{N_t} \bar{K}_t^N f(N_t) dN_t.$$

Reizinot [100] vienādojumu ar $f(N_t)$ un integrējot visiem uzņēmējiem, iegūst:

$$V_t = R_t^k P_{t-1} P_{k',t-1} \bar{K}_t - \Gamma(\bar{\omega}_t; \sigma_{t-1}) R_t^k P_{t-1} P_{k',t-1} \bar{K}_t.$$

To izvēršot pilnīgākā izteiksmē, iegūst:

$$V_t = R_t^k P_{t-1} P_{k',t-1} \bar{K}_t - \left\{ [1 - F(\bar{\omega}_t; \sigma_{t-1})] \bar{\omega}_t + \int_0^{\bar{\omega}_t} \omega dF(\omega; \sigma_{t-1}) \right\} R_t^k P_{t-1} P_{k',t-1} \bar{K}_t \\ = R_t^k P_{t-1} P_{k',t-1} \bar{K}_t - \left\{ [1 - F(\bar{\omega}_t; \sigma_{t-1})] \bar{\omega}_t + (1 - \mu) \int_0^{\bar{\omega}_t} \omega dF(\omega; \sigma_{t-1}) + \mu \int_0^{\bar{\omega}_t} \omega dF(\omega; \sigma_{t-1}) \right\} R_t^k P_{t-1} P_{k',t-1} \bar{K}_t.$$

Jāatzīmē, ka pirmie divi locekļi figūriekavās atbilst bankas tīrajiem ieņēmumiem, un tiem jābūt vienādiem ar $R_{t-1}(P_{t-1} P_{k',t-1} \bar{K}_t - \bar{N}_t)$. Ievietojot

$$V_t = R_t^k P_{t-1} P_{k',t-1} \bar{K}_t - \left\{ R_{t-1} + \frac{\mu \int_0^{\bar{\omega}_t} \omega dF(\omega; \sigma_{t-1}) R_t^k P_{t-1} P_{k',t-1} \bar{K}_t}{P_{t-1} P_{k',t-1} \bar{K}_t - \bar{N}_t} \right\} (P_{t-1} P_{k',t-1} \bar{K}_t - \bar{N}_t),$$

kas atbilst pamatteksta [56] vienādojumam.

C4.3. Bāzes modeļa korekcija, ieviešot finanšu frikcijas

Mājsaimniecības vairs neuzkrāj fizisko kapitālu, un PKN [42] izteiksmi jāatmet. Citas mājsaimniecību PKN pārmaiņas nav nepieciešamas. Var uzskatīt, ka [45] vienādojums attiecināms uz mājsaimniecības lēmumu veikt noguldījumus bankā. Var uzskatīt, ka mājsaimniecību [89] un [43] vienādojums, kas attiecas uz kustības likumu un PKN investīcijām, izsaka mājsaimniecību fiziskā kapitāla veidošanu un pārdošanu; tos var arī interpretēt kā daudzu identisku konkurētspējīgu kapitāla veidošanā iesaistītu uzņēmumu PKN (jāņem vērā, ka katram atbilst stāvokļa rādītājs novēlotas investīcijas veidā). Jāizmanto trīs vienādojumi, kas saistīti ar uzņēmēja parāda (aizdevuma) līgumu, un tie attiecas uz tīrās vērtības kustības likumu, bankas nulles peļņas nosacījumu un optimalitātes nosacījumu. Visbeidzot, jākorrigē resursu ierobežojumi, lai atspoguļotu banku veiktajam monitoringam un uzņēmēju patēriņam izmantotos resursus.

Tiek veikta šāda rādītāju mērogošana, ņemot vērā, ka W_t^e noteikts tā, lai mērogotais variants ir konstants:

$$n_{t+1} = \frac{\bar{N}_{t+1}}{P_t z_t^+}, w^e = \frac{W_t^e}{P_t z_t^+}.$$

Dalot [56] vienādības abas puses ar $P_t z_t^+$, iegūst mērogotu kustības likumu tīrajai vērtībai šādā formā:

$$n_{t+1} = \frac{\gamma_t}{\pi_t \mu_{z^+,t}} [R_t^k p_{k',t-1} \bar{k}_t - R_{t-1} (p_{k',t-1} \bar{k}_t - n_t) - \mu G(\bar{\omega}_t; \sigma_{t-1}) R_t^k p_{k',t-1} \bar{k}_t] + w^e \quad [101],$$

ja $t = 0, 1, 2, \dots$ [101] vienādojumam ir vienkāršs intuitīvs skaidrojums. Pirmais loceklis kvadrātiekvāds ir visu uzņēmēju vidējā bruto peļņa periodā t . Abi negatīvie locekļi izsaka uzņēmēju maksājumus bankai, t.sk. nebankrotējušo uzņēmēju procentu maksājumus un bankrotējušo uzņēmēju bankai nodotos līdzekļus. Tā kā bankas peļņa no procentiem ir nulle, uzņēmēju maksājumu summai bankai jāatbilst bankas izmaksām. Loceklis ar R_{t-1} izsaka bankas uzņēmējiem izsniegto līdzekļu izmaksas, un loceklis ar μ rāda bankas kopējās izmaksas par veikto monitoringu.

Nulles peļņas nosacījumu bankām ([99] vienādojums) var izteikt arī ar mērogotiem rādītājiem:

$$\Gamma(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t) - \mu G(\bar{\omega}_{t+1}; \sigma_t) = \frac{R_t}{R_{t+1}^k} \left(1 - \frac{n_{t+1}}{p_{k',t} \bar{k}_{t+1}} \right) \quad [102],$$

kur $t = -1, 0, 1, 2, \dots$ Optimalitātes nosacījumu banku aizdevumiem izsaka [98] vienādojums.

[49] izlaides vienādojums nav jāpārveido. Savukārt [50] iekšzemes homogēno preču resursu ierobežojumu vienādojums jākorrigē atbilstoši monitoringa izmaksām:

$$y_t - d_t = g_t + (1 - \omega_c)(p_t^c)^{\eta_c} c_t + (p_t^i)^{\eta_i} \left(i_t + a(u_t) \frac{\bar{k}_t}{\mu_{\psi,t} \mu_{z^+,t}} \right) (1 - \omega_t) + [\omega_x (p_t^{m,x})^{1-\eta_x} + (1 - \omega_x)]^{\frac{\eta_x}{1-\eta_x}} (1 - \omega_x) (p_t^x)^{\frac{-\lambda_x}{\lambda_x-1}} (p_t^x)^{-\eta_f} y_t^* \quad [103],$$

kur

$$d_t = \frac{\mu G(\bar{\omega}_t; \sigma_{t-1}) R_t^k p_{K,t-1} \bar{k}_t}{\pi_t \mu_{z^+,t}}.$$

Kad modelis piemērots datiem, novērtētais IKP ir y_t , kas koriģēts gan atbilstoši monitoringa, gan kapitāla izlietojuma izmaksām (tāpat kā bāzes modelī):

$$gdp_t = y_t - d_t - (p_t^i)^{n_i} \left(a(u_t) \frac{\bar{k}_t}{\mu_{\psi,t} \mu_{z^+,t}} \right) (1 - \omega_i).$$

Nedrīkst aizmirst par esošo uzņēmēju patēriņu. Šo uzņēmēju tīrā vērtība ir $(1 - \gamma_t)V_t$, un tiek pieņemts, ka daļa $1 - \Theta$ tiek aplikta ar nodokli un pārskaitīta vienā summā mājsaimniecībām, bet papildu daļu Θ iztērē esošie uzņēmēji. Šo patēriņu var iekļaut aprēķinos, no [9] izteiksmes labās puses atņemot

$$\Theta \frac{1 - \gamma_t}{\gamma_t} (n_{t+1} - w^e) z_t^+ P_t.$$

Praksē šādu korekciju neveic, jo tiek pieņemts, ka Θ ir atbilstoši maza un korekcija – nenozīmīga.

Finanšu frikciju ieviešana modelī rada neto pieaugumu par diviem vienādojumiem (pievieno [98], [101] un [102] vienādojumu un dzēš [42] vienādojumu) un diviem rādītājiem n_{t+1} un $\bar{\omega}_{t+1}$. Tas paplašina esošo sistēmu līdz 72 vienādojumiem un 72 nezināmajiem lielumiem. Finanšu frikciju gadījumā pievienojas arī divi papildu šoki σ_t un γ_t .

C5. Mērījuma vienādojumi

Šajā apakšsadaļā sniegti mērījuma vienādojumi, kurus izmanto modeļa un datu sasaistē. Pētījumā inflācijas un procentu likmju datu laikrindas ir procentuāli attiecinātas uz gadu, tādējādi tādus pat pārveidojumus veic attiecībā uz modeļa rādītājiem, t.i., reizina ar 400:

$$R_t^{data} = 400(R_t - 1) - \vartheta_1 400(R - 1),$$

$$R_t^{*,data} = 400(R_t^* - 1) - \vartheta_1 400(R^* - 1),$$

$$\pi_t^{d,data} = 400 \log \pi_t - \vartheta_1 400 \log \pi + \varepsilon_{\pi,t}^{me},$$

$$\pi_t^{c,data} = 400 \log \pi_t^c - \vartheta_1 400 \log \pi^c + \varepsilon_{\pi^c,t}^{me},$$

$$\pi_t^{i,data} = 400 \log \pi_t^i - \vartheta_1 400 \log \pi^i + \varepsilon_{\pi^i,t}^{me},$$

$$\pi_t^{*,data} = 400 \log \pi_t^* - \vartheta_1 400 \log \pi^*,$$

kur $\varepsilon_{i,t}^{me}$ izsaka attiecīgo rādītāju mērījuma kļūdas. Turklāt $\vartheta_1 \in \{0,1\}$ ļauj izmantot vidējotus vai nevidējos datus. Konkrēti dati par procentu likmēm un ārvalstu inflāciju nav vidējoti. Iekšzemes inflācijas līmenis ir vidējots.

Pētījumā izmantotas vidējota kopējā nostrādāto stundu skaita pirmās starpības:

$$\Delta \log H_t^{data} = 100 \Delta \log H_t + \varepsilon_{H,t}^{me}.$$

Pārējiem rādītājiem izmantoti vidējoti pirmās starpības dati. Tas paredz $\vartheta_2 = 1$:

$$\begin{aligned}
 \Delta \log Y_t^{data} &= 100 \left(\log \mu_{z^+,t} + \Delta \log \left[y_t - p_t^i a(u_t) \frac{\bar{k}_t}{\mu_{\psi,t} \mu_{z^+,t}} - d_t \right] \right. \\
 &\quad \left. - \vartheta_2 100 (\log \mu_{z^+}) + \varepsilon_{y,t}^{me} \right), \\
 \Delta \log Y_t^{*,data} &= 100 (\log \mu_{z^+,t} + \Delta \log y_t^*) - \vartheta_2 100 (\log \mu_{z^+}), \\
 \Delta \log C_t^{data} &= 100 (\log \mu_{z^+,t} + \Delta \log c_t) - \vartheta_2 100 (\log \mu_{z^+}) + \varepsilon_{c,t}^{me}, \\
 \Delta \log X_t^{data} &= 100 (\log \mu_{z^+,t} + \Delta \log x_t) - \vartheta_2 100 (\log \mu_{z^+}) + \varepsilon_{x,t}^{me}, \\
 \Delta \log q_t^{data} &= 100 \Delta \log q_t + \varepsilon_{q,t}^{me}, \\
 \Delta \log M_t^{data} &= 100 (\log \mu_{z^+,t} + \Delta \log Imports_t) - \vartheta_2 100 (\log \mu_{z^+}) + \varepsilon_{M,t}^{me} \\
 &= 100 \left[\log \mu_{z^+,t} + \Delta \log \left(\begin{aligned} &c_t^m (p_t^{m,c})^{\frac{\lambda_{m,c}}{1-\lambda_{m,c}}} \\ &+ i_t^m (p_t^{m,i})^{\frac{\lambda_{m,i}}{1-\lambda_{m,i}}} \\ &+ x_t^m (p_t^{m,x})^{\frac{\lambda_{m,x}}{1-\lambda_{m,x}}} \end{aligned} \right) \right] - \vartheta_2 100 (\log \mu_{z^+}) + \varepsilon_{M,t}^{me}, \\
 \Delta \log I_t^{data} &= 100 [\log \mu_{z^+,t} + \log \mu_{\psi,t} + \Delta \log i_t] - \vartheta_2 100 (\log \mu_{z^+} + \log \mu_{\psi}) + \varepsilon_{I,t}^{me}, \\
 \Delta \log G_t^{data} &= 100 (\log \mu_{z^+,t} + \Delta \log g_t) - \vartheta_2 100 (\log \mu_{z^+}) + \varepsilon_{g,t}^{me}.
 \end{aligned}$$

Jāņem vērā, ka ne novērtētajā IKP, ne investīcijās nav iekļautas kapitāla uzturēšanai nepieciešamās investīciju preces. Lai aprēķinātu mērīto IKP, izslēgtas arī monitoringa un rekrutēšanas izmaksas. Pirmās starpības vidējota algu mērījuma vienādojums ir šāds:

$$\begin{aligned}
 \Delta \log (W_t/P_t)^{data} &= 100 \Delta \log \frac{W_t}{z_t^+ P_t} \\
 &= 100 (\log \mu_{z^+,t} + \Delta \log \bar{w}_t) - \vartheta_2 100 (\log \mu_{z^+}) + \varepsilon_{W/P,t}^{me}.
 \end{aligned}$$

Visbeidzot, novērtē vidējotu pirmās starpības tīro vērtību un procentu likmju starpību:

$$\begin{aligned}
 \Delta \log N_t^{data} &= 100 (\log \mu_{z^+,t} + \Delta \log n_t) - \vartheta_2 100 (\log \mu_{z^+}) + \varepsilon_{N,t}^{me} \\
 \Delta \log Spread_t^{data} &= 100 \Delta \log (z_{t+1} - R_t) \\
 &= 100 \Delta \log \left(\frac{\bar{\omega}_{t+1} R_{t+1}^k}{1 - \frac{n_{t+1}}{p_{k,t} k_{t+1}}} - R_t \right) + \varepsilon_{Spread,t}^{me}.
 \end{aligned}$$

LITERATŪRA

1. ADJEMIAN, Stéphane, BASTANI, Houtan, JUILLARD, Michel, KARAMÉ, Frédéric, MIHOUBI, Ferhat, PERENDIA, George, PFEIFER, Johannes, RATTO, Marco, VILLEMOT, Sébastien. *Dynare: Reference Manual, Version 4*. Dynare Working Papers, No. 1, CEPREMAP, April 2011. 100 p.
2. ADOLFSON, Malin, LASÉEN, Stefan, LINDÉ, Jesper, VILLANI, Mattias. Evaluating an Estimated New Keynesian Small Open Economy Model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 32, issue 8, August 2008, pp. 2690–2721.
3. BERNANKE, Ben, GERTLER, Mark, GILCHRIST, Simon. The Financial Accelerator in a Quantitative Business Cycle Framework. *No: Handbook of Macroeconomics*, vol. 1. Ed. by John B. Taylor and Michael Woodford. Elsevier Science, 1999, pp. 1341–1393.
4. CHRISTIANO, Lawrence J., EICHENBAUM, Martin, EVANS, Charles L. Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy. *Journal of Political Economy*, vol. 113, No. 1, 2005, pp. 1–45.
5. CHRISTIANO, Lawrence J., TRABANDT, Mathias, VALENTIN, Karl. Introducing Financial Frictions and Unemployment into a Small Open Economy Model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 35, issue 12, December 2011, pp. 1999–2041.
6. DIXIT, Avinash K., STIGLITZ, Joseph E. Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity. *American Economic Review*, vol. 67, No. 3, June 1977, pp. 297–308.
7. ERCEG, Christopher J., HENDERSON, Dale W., LEVIN, Andrew T. Optimal Monetary Policy with Staggered Wage and Price Contracts. *Journal of Monetary Economics*, vol. 46, issue 2, October 2000, pp. 281–313.
8. FISHER, Irving. The Debt-Deflation Theory of Great Depressions. *Econometrica*, vol. 1, No. 4, October 1933, pp. 337–357.
9. JUSTINIANO, Alejandro, PRIMICERI, Giorgio, TAMBALOTTI, Andrea. Investment Shocks and the Relative Price of Investment. *Review of Economic Dynamics*, vol. 14, issue 1, January 2011, pp. 101–121.
10. STEHRER, Robert. *Accounting Relations in Bilateral Value Added Trade*. wiiw Working Papers, No. 101, May 2013.