

FMS 2023-10
ISBN 978-9935-522-29-0



Ferðamálastofa
Icelandic Tourist Board

MARS 2023

ÞJÓÐHAGSLÍKAN FYRIR FERÐAÞJÓNUSTU

Ítarleg lýsing á þjóðhagslíkani með ferðageira

Hagrannsóknir sf.

© Ferðamálastofa 2023

Útgefandi: Ferðamálastofa - Geirsgötu 9, 101 Reykjavík / Hafnarstræti 91, 600 Akureyri
Netfang: upplýsingar@ferdamalastofa.is
Veffang: www.ferdamalastofa.is

Titill: Þjóðhagslíkan fyrir ferðaþjónustu
Ítarleg lýsing á þjóðhagslíkani með ferðageira

Númer: FMS 2023-10
ISBN: 978-9935-522-29-0

Öll réttindi áskilin. Skýrsluna má ekki afrita með neinum hætti, svo sem með ljósmyndun, prentun, hljóðritun eða á annan sambærilegan hátt, að hluta eða í heild, án skriflegs leyfis útgefanda.

Hagrannsóknir sf.

Verkefni: Þjóðhagslíkan fyrir ferðaþjónustu

Þjóðhagslíkan fyrir ferðaþjónustu

Verkpáttur 4: Ítarleg lýsing á þjóðhagslíkani með ferðageira

Áfangaskýrsla D5 og afurð D4

Mars 2023

Eftirfarandi skýrsla er þáttur í rannsóknarverkefni. Hún er vinnuskjal í verkefninu og getur sem slík tekið breytingum á verkefnistímanum.

Hagrannsóknir sf. eru rannsókn- og ráðgjafarfirmir á sviði hagfræði

Formáli

Í þessari áfangaskýrslu er gerð grein fyrir áframhaldandi hönnun á sérstöku þjóðhagslíkani fyrir íslenska ferðaþjónustu. Sett er fram ítarleg lýsing á þessu líkani sem er af svokallaðri DSGE (e. dynamic stochastic general equilibrium) gerð. Það fylgir hefðbundnum byggingarlínunum slíkra líkana með þeirri viðbót að framleiðslugeiranum er skipt í tvo hluta; ferðaþjónustu (eða ferðaiðnað) og aðra framleiðslu. Stuðlar líkansins hafa verið stærðarsettir, líkanið hefur verið forritað og lausnir fundnar á formi tímaferla fyrir ferðaþjónustu og aðrar þjóðhagsstærðir fundnar.

Að þessar hönnunarvinnu hefur einkum unnið Marías Gestsson lektor í hagfræði. Að verkinu hafa einnig komið Eðvarð I. Erlingsson, Birgir Þór Runólfsson, Jóhann R. Björgvinsson, Vilborg Júlíusdóttir og Ragnar Árnason.

31.03.2023

Fyrir Hagrannsóknir sf.



Birgir Þór Runólfsson

Efnisyfirlit

1. Inngangur	1
2. Líkan	2
2.1. Almenn lýsing á líkani.....	2
2.2. Ítarleg lýsing á líkaninu.....	3
3. Lausn líkans	13
4. Mat á stuðlum og langtímaþróun hagkerfisins	15
5. Dæmi um keyrslur	16
Tilvísanir	18
Viðauki – Mod skrá	19

1. Inngangur

Hér fer á eftir greinargerð (áfangaskýrsla D5) um um hönnun á sérstöku þjóðhagslíkani fyrir íslenska ferðapjónustu. Líkan þetta er af þeirri gerð sem kallast DSGE (e. dynamic stochastic general equilibrium) þjóðhagslíkan (Kydland og Prescott 1982, Smets og Wouters 2003). Í meginatriðum fylgir það hefðbundnum byggingarlínum slíkra líkana með þeirri viðbót að framleiðslugeiranum er skipt í tvo hluta; ferðapjónustu (eða ferðaiðnað) og aðra framleiðslu. Þessi viðbót er til að unnt sé að skoða áhrif skella í ferðapjónustu á hagkerfið, áhrif opinberrar hagstjórnar á ferðapjónustuna og síðan hagkerfið og almennt gagnvirk áhrif ferðageirans og hagkerfisins. Hún leiðir hins vegar til þess að umfang líkansins, mælt í fjölda líkinga, vex stórlega. Ástæðan er sú að tveir framleiðslugeirar þýða (a.m.k.) tvær vörutegundir sem fara inn í háþróunarmál bæði neytenda og framleiðenda og endurspeglast því í bæði framboðsföllum og eftirspurnarföllum.

Líkanið er sérhannað fyrir íslenska hagkerfið. Það er því svokallað opið líkan með stórum utanríkisgeira. Slík líkön fyrir Ísland, en án sérstaks ferðageira, hafa verið í þróun innan Seðlabanka Íslands (sjá t.d. Stefán Þórarinnsson, 2020).

Í hefðbundnum DSGE líkönum er gert ráð fyrir tregðu í aðlögun nafnverða, eins og t.d. nafnlauna og afurðaverðs, til þess að unnt sé að nota líkönin til þess að greina áhrif peningamálaáðgerða á hagstærðir. Af þeim sökum innihalda slík hefðbundin líkön bæði nafn- og raunstærðir.

Í þessu líkani er þessu dálítið öðruvísi farið. Eitt helsta markmiðið með hönnun þess er að unnt sé að nota það til þess að greina áhrif skella (e. shocks) í ferðageira og utan hans á ferðageirann og hagkerfið í heild sinni. Því liggur áherslan í hönnun líkansins á atvinnugreinaskiptingu fremur en að taka tillit til nafnstærða og verðtregðu. Í því líkani sem hér er kynnt eru því engar nafnstærðir, eins og t.d. verðlag eða eignir á nafnvirði, heldur aðeins hlutfallsleg verð og aðrar raunstærðir, eins og t.d. eignir á raunvirði, framleiðsla og atvinna.

Í næsta kafla þessarar greinargerðar er fjallað ítarlega um þetta þjóðhagslíkan. Í þriðja kaflanum er fjallað um lausn líkansins og í fjórða kaflanum er fjallað um mat á gildum stuðla líkansins og langtímaþróun hagkerfisins. Í fimmta kaflanum eru sýndar nokkrar keyrslur líkansins.

2. Líkan

Umfjöllunin um líkanið skiptist í tvennt. Í fyrri hlutanum er gefin stutt almenn lýsing á líkaninu og í þeim síðari er ítarleg lýsing á því. Líkanið er hið sama og fjallað er um í *Áfangaskýrslu D3 – hönnun þjóðhagslíkans fyrir íslenska ferðaþjónustu* en þó með vissum breytingum og viðbótum með það fyrir augum að gera líkanið raunhæfara og að það endurspegli betur áhrif skella á heildarstærðir hagkerfisins. Meginatriði þessa eru:

- Nytjum af neyslu er nú lýst með lógarípmísku nytjafalli. Hins vegar var gert ráð fyrir CES nytjafalli í áfangaskýrslu D3.
- Venjumyndun (e. habit persistence) er í neyslu og vinnu. Ekki var gert ráð fyrir venjumyndun í áfangaskýrslu D3.
- Aðlögunarkostnaður er vegna breytingar fjármagnsstofns. Ekki var gert ráð fyrir aðlögunarkostnaði í áfangaskýrslu D3.
- Framleiðsla í almennum geira notar fjármuni og vinnuafl, annars vegar, og aðföng frá ferðageira, hins vegar. Ekki var gert ráð fyrir aðföngum frá ferðageira í áfangaskýrslu D3.
- Framleiðsla á milliaðföngum í almennum geira og ferðageira er skv. Cobb-Douglas framleiðslutækni. Gert var ráð fyrir CES framleiðslutækni í áfangaskýrslu D3.
- Þá er opinber geiri sem kaupir vörur og þjónustu af fyrirtækjum (samneysla) og fjármagnar kaupin með hlutfallslegum skatti á vinnu- og fjármagnstekjur. Ekki var gert ráð fyrir opinberum geira í áfangaskýrslu D3.

2.1. Almenn lýsing á líkani

Líkanið samanstendur af heimilum, fyrirtækjum, hinu opinbera og „útlöndum“. Heimili bjóða fram vinnu og fá launatekjur, neyta og spara. Með sparnaði sínum kaupa heimilin innlend og erlend verðbréf ásamt því að byggja upp fjármagnsstofn hagkerfisins með kaupum á fjárfestingarvörum. Þau leigja fyrirtækjum fjármagnsstofninn og fá leigutekjur fyrir. Heimilin eiga jafnframt innlend fyrirtæki og fá greiddan hagnað fyrirtækjanna í formi arðgreiðslna.

Val heimila á milli mismunandi vörutegunda er í þremur þrepum. Í því fyrsta velja heimilin á milli kaupa á almennum vörum, þ.e. vörum framleiddum í almennum geira, og ferðaþjónustu. Í öðru þrepi velja þau á milli kaupa á innlendum og innfluttum almennum vörum og í þriðja þrepi milli kaupa á innlendri og innfluttri ferðaþjónustu.

Fyrirtækjum í hagkerfinu er skipt í almennan geira og ferðageira. Fyrirtæki í almenna geiranum nota fjármuni, vinnuafl og aðföng frá fyrirtækjum í ferðageira til þess að framleiða vörur sem notaðar eru til neyslu og fjárfestingar innanlands og erlendis (útflutningur) og sem aðföng af fyrirtækjum í ferðageira. Fyrirtæki í ferðageira nota fjármuni, vinnuafl og aðföng frá fyrirtækjum í almennum geira til framleiðslu á ferðaþjónustu, sem seld er innanlands og erlendis (útflutningur) og sem aðföng í almennum geira.

Gert er ráð fyrir að erlend heimili og fyrirtæki („útlönd“) standi frammi fyrir hliðstæðu vali og þau innlendu.

Hið opinbera kaupir vörur og þjónustu af innlendum fyrirtækjum (samneysla) og fjármagnar kaupin með því að leggja hlutfallslega skatta á vinnu- og fjármagnstekjur. Gert er ráð fyrir að rekstur hins opinbera sé ávallt í jafnvægi.

Niðurstaða vals heimila og fyrirtækja er að eftirspurn heimila eftir innlendri og innfluttri ferðaþjónustu ræðst m.a. af (hlutfallslegu) verði þessara tveggja „vörutegunda“ og af því hve miklum hluta af tekjum sínum heimilin verja til neyslu. Af þessu leiðir að aukning tekna innlendra og/eða erlendra heimila leiðir til aukinnar eftirspurnar eftir innlendri ferðaþjónustu, að öðru óbreyttu. Aukin eftirspurn leiðir til aukningar framleiðslu á ferðaþjónustu innanlands, sem er seld til innlendra og erlendra (útflutningur) heimila. Aukin framleiðsla á ferðaþjónustu innanlands leiðir síðan til aukinnar eftirspurnar eftir fjármunum, vinnuafli og aðföngum sem framleidd eru af fyrirtækjum í almennum geira. Við það eykst fjárfesting og atvinna innanlands auk þess sem framleiðsla í almennum geira eykst, sem síðan leiðir til enn frekari fjárfestingar og atvinnu innanlands. Aukin fjárfesting og atvinna leiðir síðan til þess að vextir hækka, svo og laun, sem eykur jaðarkostnað fyrirtækja og leiðir til herra vöruverðs, sem dregur úr áhrifum á framleiðslu, fjárfestingu og atvinnu.

2.2. Ítarleg lýsing á líkaninu

Líkanið byggir á línunum hefðbundinna DSGE líkana fyrir opin hagkerfi. Líkaninu svipar þannig til DSGE líkans Seðlabanka Íslands (sjá t.d. Stefán Þórarinsson (2020)) að því undanskildu að (i) atvinnugreinum hagkerfisins er skipt í almennan geira og ferðageira og að (ii) líkanið er raunlíkan, þ.e. allar stærðir í líkaninu eru raunstærðir. Líkanið er því viðameira en DSGE líkan Seðlabankans að því leyti að það skiptir atvinnuvegum landsmanna í tvennt, en viðaminnna hvað peningahlið hagkerfisins snertir (enginn fjármálageiri).

Líkanið samanstendur af dæmigerðum (e. representative) innlendum og erlendum heimilum, dæmigerðum innlendum og erlendum fyrirtækjum í bæði almennum geira og ferðageira, og af opinberum geira. Gert er ráð fyrir að heimilin taki afurðaverð, laun, leiguverð fjármuna og vexti sem gefnar stærðir við ákvarðanatöku sína og að fyrirtæki taki laun og leiguverð fjármuna sem gefnar stærðir við ákvarðanatöku. Þar sem afurðir í almennum geira og ferðageira, annars vegar, og innlendar og innfluttar afurðir, hins vegar, eru mismunandi frá sjónarhóli heimila (neytenda), hafa fyrirtækin markaðsvald á afurðamörkuðum og geta því verðlagt afurðir sínar herra en sem nemur jaðarkostnaði framleiðslumagns. Gert er ráð fyrir að heimilin eigi fyrirtækin og að hagnaði fyrirtækjanna sé dreift til þeirra í formi arðgreiðslna.

Athugið, að þar sem líkanið er raunlíkan eru allar breytur raunstærðir, en í nafnlíkani eru bæði nafnstærðir og raunstærðir. Raunstærðir eru mældar í fjölda eininga af innlendri neyslu, eins og t.d. afurðaverð, vextir, laun, leiguverð fjármuna og innlend verðbréfaeign. Þá

er erlend verðbréfaeign, erlendir vextir og erlend afurðaverð mæld í fjölda eininga af erlendri neyslu, en verg landsframleiðsla innanlands (erlendis) er mæld í fjölda eininga af innlendri (erlendri) neyslu. Að lokum þá er átt við raungengi þegar fjallað er um gengi.

Heimili

Innlend heimili

Vandamál innlenda heimilisins er fjórþætt:

Í fyrsta lagi velur það neyslu (C), vinnu (N) og sparnað, sem varið er í fjármunamyndun (I) og fjármagnsstofn (K), og innlenda- (B_D) og erlenda verðbréfaeign (B_I), þannig að væntar samanlagðar núvirtar ævinytjar þess:

$$E_0 \left[\sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left(\ln(C_t - h_C C_{t-1}) - \chi \frac{(N_t - h_N N_{t-1})^{1+\varphi}}{1+\varphi} \right) \right]$$

séu hámarkaðar að teknu tilliti til tekjubands þess:

$$\begin{aligned} & C_t + I_t + S_t B_{I,t} + B_{D,t} \\ &= R_{t-1}^* (1 - \Gamma_{t-1}) S_t B_{I,t-1} + R_{t-1} B_{D,t-1} + (1 - \tau^K) R_t^K K_{t-1} \\ & \quad + (1 - \tau^N) W_t N_t + T_t + \Pi_{G,t} + \Pi_{T,t} \end{aligned}$$

og að þróun fjármagnsstofns er skv.:

$$K_t = \left(1 - \Gamma_I \left(\frac{I_t}{I_{t-1}} \right) \right) I_t + (1 - \delta) K_{t-1}$$

þar sem E_0 er væntingavirki (e. expectations operator), $\Gamma_I \left(\frac{I_t}{I_{t-1}} \right)$ er aðlögunarkostnaður fjármuna, $\beta \in (0,1)$ er núvirðisþáttur (e. discount factor), $\varphi > 0$ er andhverfa svokallaðrar Frisch teygni vinnuframboðs, $\chi > 0$ er fasti, $h_C \in (0,1)$ er mælikvarði á venjumyndun (e. habit persistence) í neyslu, $h_N \in (0,1)$ er mælikvarði á venjumyndun í vinnu, $\delta \in (0,1)$ er afskriftarhlutfall, $\tau^K \in (0,1)$ hlutfallslegur skattur á fjármagnstekjur, $\tau^N \in (0,1)$ hlutfallslegur skattur á vinnutekjur, T eru tilfærslur frá hinu opinbera, S er andhverfa gengis innlends gjaldmiðils, R eru vergir ($1+v$ vextir) vextir, R^* eru vergir vextir erlendis, R^K er leiguverð fjármuna, W eru laun, Π_G er hagnaður fyrirtækja í almennum geira, Π_T er hagnaður fyrirtækja í ferðageira, og Γ_{t-1} er kostnaður við kaup á erlendum verðbréfum:

$$\Gamma_t = \phi_1 \frac{\exp \left(\phi_2 \frac{S_t B_{I,t}}{Y_t} \right) - 1}{\exp \left(\phi_2 \frac{S_t B_{I,t}}{Y_t} \right) + 1}$$

þar sem $\phi_1 \in [0,1]$ og $\phi_2 > 0$ eru stuðlar, og Y er verg landsframleiðsla.

Lausn á ofangreindu hámarksvandamáli felur í sér eftirfarandi jafnvægisstyrki:

$$MRS_{CN,t} \equiv \chi(C_t - h_C C_{t-1})(N_t - h_N N_{t-1})^\varphi \quad (1)$$

$$MRS_{t,t+1} \equiv \beta \frac{C_t - h_C C_{t-1}}{C_{t+1} - h_C C_t} \quad (2)$$

$$MRS_{CN,t} = (1 - \tau^N)W_t \quad (3)$$

$$R_t E_t [MRS_{t,t+1}] = 1 \quad (4)$$

$$R_t^* (1 - \Gamma_t) E_t \left[MRS_{t,t+1} \frac{S_{t+1}}{S_t} \right] = 1 \quad (5)$$

$$Q_t = E_t [MRS_{t,t+1} ((1 - \tau^K)R_{t+1}^K + (1 - \delta)Q_{t+1})] \quad (6)$$

$$1 = Q_t \left(1 - \Gamma_I \left(\frac{I_t}{I_{t-1}} \right) - \Gamma_I' \left(\frac{I_t}{I_{t-1}} \right) \frac{I_t}{I_{t-1}} \right) + E_t \left[Q_{t+1} MRS_{t,t+1} \Gamma_I' \left(\frac{I_{t+1}}{I_t} \right) \frac{I_{t+1}^2}{I_t^2} \right] \quad (7)$$

$$C_t + I_t + S_t B_{I,t}$$

$$= R_{t-1}^* (1 - \Gamma_{t-1}) S_t B_{I,t-1} + (1 - \tau^K) R_t^K K_{t-1} \quad (8)$$

$$+ (1 - \tau^N) W_t N_t + T_t + \Pi_{G,t} + \Pi_{T,t}$$

$$K_t = \left(1 - \Gamma_I \left(\frac{I_t}{I_{t-1}} \right) \right) I_t + (1 - \delta) K_{t-1} \quad (9)$$

$$\Gamma_t = \phi_1 \frac{\exp(\phi_2 \frac{S_t B_{I,t}}{Y_t}) - 1}{\exp(\phi_2 \frac{S_t B_{I,t}}{Y_t}) + 1} \quad (10)$$

þar sem MRS_{CN} er jaðarstaðganga milli neyslu og vinnu, MRS er jaðarstaðganga milli neyslu á aðliggjandi tímabilum, Q_t er Tobin's- q og $B_D = 0$ í jafnvægi.

Í öðru lagi velur innlent heimili neyslu á almennum neysluvörum (C_G) og neyslu á ferðaþjónustu (C_T) þannig að kostnaður við neyslu:

$$P_{G,t} C_{G,t} + P_{T,t} C_{T,t}$$

sé lágmarkaður, að teknu tilliti til þess að neysla á þessum tveimur vörutegundum, gefur neyslu skv. svokallaðri Dixit-Stiglitz vísitölu:

$$C_t = \left[\alpha^{\frac{1}{\eta}} C_{G,t}^{\frac{\eta-1}{\eta}} + (1 - \alpha)^{\frac{1}{\eta}} C_{T,t}^{\frac{\eta-1}{\eta}} \right]^{\frac{\eta}{\eta-1}}$$

þar sem $\alpha \in (0,1)$ er hlutdeild neyslu á almennum neysluvörum í neyslu að jafnaði, $\eta > 1$ er verðteygni eftirspurnar eftir vörutegundunum tveimur, P_G er verð á almennum neysluvörum og P_T er verð á ferðaþjónustu. Lausn við lágmarkunarvandamálinu gefur eftirfarandi jafnvægisskilyrði:

$$C_{G,t} = \alpha P_{G,t}^{-\eta} C_t \quad (11)$$

$$C_{T,t} = (1 - \alpha) P_{T,t}^{-\eta} C_t \quad (12)$$

$$1 = [\alpha P_{G,t}^{1-\eta} + (1-\alpha)P_{T,t}^{1-\eta}]^{\frac{1}{1-\eta}} \quad (13)$$

Í þriðja lagi velur heimilið neyslu á innlendum (C_{GD}) og innfluttum almennum neysluvörum (C_{GI}) þannig að kostnaður við neyslu á almennum neysluvörum

$$P_{GD,t}C_{GD,t} + P_{GI,t}C_{GI,t}$$

sé lágmarkaður, að teknu tilliti til þess að neysla á þessum tveimur vörutegundum, gefur neyslu á almennum neysluvörum skv. Dixit-Stiglitz vísitölu:

$$C_{G,t} = \left[\alpha_G^{\frac{1}{\eta_G}} C_{GD,t}^{\frac{\eta_G-1}{\eta_G}} + (1-\alpha_G)^{\frac{1}{\eta_G}} C_{GI,t}^{\frac{\eta_G-1}{\eta_G}} \right]^{\frac{\eta_G}{\eta_G-1}}$$

þar sem $\alpha_G \in (0,1)$ er hlutdeild innlendra almennra neysluvara í neyslu á almennum neysluvörum að jafnaði, $\eta_G > 1$ er verðteygni eftirspurnar eftir vörutegundunum tveimur, P_{GD} er verð á innlendum almennum neysluvörum og P_{GI} er verð á innfluttum almennum neysluvörum. Lausn við lágmarkunarvandamálinu gefur eftirfarandi jafnvæggiskilyrði:

$$C_{GD,t} = \alpha_G \left(\frac{P_{GD,t}}{P_{G,t}} \right)^{-\eta_G} C_{G,t} \quad (14)$$

$$C_{GI,t} = (1-\alpha_G) \left(\frac{P_{GI,t}}{P_{G,t}} \right)^{-\eta_G} C_{G,t} \quad (15)$$

$$P_{G,t} = [\alpha_G P_{GD,t}^{1-\eta_G} + (1-\alpha_G)P_{GI,t}^{1-\eta_G}]^{\frac{1}{1-\eta_G}} \quad (16)$$

Í fjórða og síðasta lagi velur heimilið neyslu á innlendri (C_{TD}) og innfluttri ferðapjónustu (C_{TI}) þannig að kostnaður við neyslu á ferðapjónustu:

$$P_{TD,t}C_{TD,t} + P_{TI,t}C_{TI,t}$$

sé lágmarkaður að teknu tilliti til þess að neysla á þessum tveimur vörutegundum gefur neyslu á ferðapjónustu skv. Dixit-Stiglitz vísitölu:

$$C_{T,t} = \left[\alpha_T^{\frac{1}{\eta_T}} C_{TD,t}^{\frac{\eta_T-1}{\eta_T}} + (1-\alpha_T)^{\frac{1}{\eta_T}} C_{TI,t}^{\frac{\eta_T-1}{\eta_T}} \right]^{\frac{\eta_T}{\eta_T-1}}$$

þar sem $\alpha_T \in (0,1)$ er hlutdeild innlendarar ferðapjónustu í neyslu á ferðapjónustu að jafnaði, $\eta_T > 1$ er verðteygni eftirspurnar eftir vörutegundunum tveimur, P_{TD} er verð á innlendri ferðapjónustu og P_{TI} er verð á innfluttri ferðapjónustu. Lausn við lágmarkunarvandamálinu gefur eftirfarandi jafnvæggiskilyrði:

$$C_{TD,t} = \alpha_T \left(\frac{P_{TD,t}}{P_{T,t}} \right)^{-\eta_T} C_{T,t} \quad (17)$$

$$C_{TI,t} = (1-\alpha_T) \left(\frac{P_{TI,t}}{P_{T,t}} \right)^{-\eta_T} C_{T,t} \quad (18)$$

$$P_{T,t} = [\alpha_T P_{TD,t}^{1-\eta_T} + (1-\alpha_T)P_{TI,t}^{1-\eta_T}]^{\frac{1}{1-\eta_T}} \quad (19)$$

Til einföldunar er gert ráð fyrir að ákvarðanir heimilis um kaup á fjárfestingarvörum fylgi sömu lögmálum og ákvarðanir um neyslu, sem gefur eftirfarandi eftirspurn innanlands eftir innlendum almennum vörum (A_{GD}), innfluttum almennum vörum (A_{GI}), innlendri ferðaþjónustu (A_{TD}), innfluttri ferðaþjónustu (A_{TI}), almennum vörum (A_G) og ferðaþjónustu í heild (A_T):

$$A_{GD,t} = \alpha_G \left(\frac{P_{GD,t}}{P_{G,t}} \right)^{-\eta_G} A_{G,t} \quad (20)$$

$$A_{GI,t} = (1 - \alpha_G) \left(\frac{P_{GI,t}}{P_{G,t}} \right)^{-\eta_G} A_{G,t} \quad (21)$$

$$A_{TD,t} = \alpha_T \left(\frac{P_{TD,t}}{P_{T,t}} \right)^{-\eta_T} A_{T,t} \quad (22)$$

$$A_{TI,t} = (1 - \alpha_T) \left(\frac{P_{TI,t}}{P_{T,t}} \right)^{-\eta_T} A_{T,t} \quad (23)$$

$$A_{G,t} = \alpha P_{G,t}^{-\eta} A_t \quad (24)$$

$$A_{T,t} = (1 - \alpha) P_{T,t}^{-\eta} A_t \quad (25)$$

þar sem:

$$A_t = C_t + I_t + G_t \quad (26)$$

A_t er innlend eftirspurn og G er samneysla.

Erlend heimili

Erlent heimili tekur ákvarðanir á sambærilegan máta og það innlenda. Þær ákvarðanir þess sem skipta máli fyrir innlendan efnahag eru eftirspurn þess eftir innfluttum almennum vörum (A_{GI}^*), innfluttri ferðaþjónustu (A_{TI}^*), almennum vörum (A_G^*) og ferðaþjónustu í heild (A_T^*):

$$A_{GI,t}^* = (1 - \alpha_G^*) \left(\frac{P_{GI,t}^*}{P_{G,t}^*} \right)^{-\eta_G^*} A_{G,t}^* \quad (27)$$

$$A_{TI,t}^* = (1 - \alpha_T^*) \left(\frac{P_{TI,t}^*}{P_{T,t}^*} \right)^{-\eta_T^*} A_{T,t}^* \quad (28)$$

$$A_{G,t}^* = \alpha^* (P_{G,t}^*)^{-\eta^*} A_t^* \quad (29)$$

$$A_{T,t}^* = (1 - \alpha^*) (P_{T,t}^*)^{-\eta^*} A_t^* \quad (30)$$

þar sem A^* er erlend eftirspurn, $\alpha^* \in (0,1)$ er hlutdeild almennra vara í erlendri eftirspurn að jafnaði, $\alpha_G^* \in (0,1)$ er hlutdeild erlendra almennra vara í eftirspurn eftir almennum vörum erlendis að jafnaði, $\alpha_T^* \in (0,1)$ er hlutdeild erlendarar ferðaþjónustu í eftirspurn eftir

ferðaþjónustu erlendis að jafnaði, $\eta^* > 1$ er verðteygni eftirspurnar eftir almennum vörum og ferðaþjónustu erlendis, $\eta_G^* > 1$ er verðteygni eftirspurnar eftir erlendum og innfluttum almennum vörum erlendis, $\eta_T^* > 1$ er verðteygni eftirspurnar eftir erlendri og innfluttri ferðaþjónustu erlendis, P_G^* er verð almennra vara erlendis, P_T^* er verð ferðaþjónustu erlendis, P_{GI}^* er verð innfluttra almennra vara erlendis og P_{TI}^* er verð innfluttrar ferðaþjónustu erlendis.

Þessar niðurstöður fyrir innlenda og erlenda eftirspurn má nota til þess að fá eftirspurn heimila eftir almennum vörum framleiddum innanlands (Y_G^H), eftirspurn heimila eftir innlendri ferðaþjónustu (Y_T^H), útflutning (EX), innflutning (IM) og viðskiptajöfnuð (NX):

$$Y_{G,t}^H = A_{GD,t} + A_{GI,t}^* \quad (31)$$

$$Y_{T,t}^H = A_{TD,t} + A_{TI,t}^* \quad (32)$$

$$EX_t = S_t (P_{GI,t}^* A_{GI,t}^* + P_{TI,t}^* A_{TI,t}^*) \quad (33)$$

$$IM_t = P_{GI,t} A_{GI,t} + P_{TI,t} A_{TI,t} \quad (34)$$

$$NX_t = EX_t - IM_t \quad (35)$$

Fyrirtæki

Innlend fyrirtæki - ferðageiri

Vandamál fyrirtækis í ferðageira er þrískipt:

Í *fyrsta lagi* velur það fjármuna- (K_T) og vinnuafslnóttun (N_T) þannig að kostnaður:

$$R_t^K K_{T,t-1} + W_t N_{T,t}$$

sé lágmarkaður að teknu tillit til þess að notkun á þessum tveimur framleiðsluþáttum framleiði magn af milliaðfangi (e. intermediate input) (Q_{TKN}) skv. svokölluðu Cobb-Douglas framleiðslufalli:

$$Q_{TKN,t} = K_{T,t-1}^{\gamma_{TKN}} N_{T,t}^{1-\gamma_{TKN}} \quad (36)$$

þar sem $\gamma_{TKN} \in (0,1)$ er mælikvarði á hlutdeild fjármuna í framleiðslu á milliaðfangi að jafnaði. Lausn á þessu lágmarkunarvandamáli gefur eftirfarandi jafnvægisstyrði:

$$\frac{R_t^K}{W_t} = \frac{\gamma_{TKN}}{1-\gamma_{TKN}} \frac{N_{T,t}}{K_{T,t-1}} \quad (37)$$

$$MC_{TKN,t} = \frac{W_t^{1-\gamma_{TKN}} (R_t^K)^{\gamma_{TKN}}}{\gamma_{TKN}^{\gamma_{TKN}} (1-\gamma_{TKN})^{1-\gamma_{TKN}}} \quad (38)$$

þar sem MC_{TKN} er jaðarkostnaður (og meðalkostnaður) í framleiðslu á milliaðfangi.

Í öðru lagi velur fyrirtækið notkun á milliaðfangi og aðföngum framleiddum af almennum geira (Q_{GT}) þannig að kostnaður við það

$$MC_{TKN,t}Q_{TKN,t} + P_{GT,t}Q_{GT,t}$$

sé lágmarkaður að teknu tilliti til þess að notkun á þessum tveimur aðföngum gefur framleiðslu á ferðþjónustu (Y_T) skv. CES framleiðslufallinu

$$Y_{T,t} = \left[\gamma_T Q_{TKN,t}^{\frac{\varepsilon_T-1}{\varepsilon_T}} + (1-\gamma_T) Q_{GT,t}^{\frac{\varepsilon_T-1}{\varepsilon_T}} \right]^{\frac{\varepsilon_T}{\varepsilon_T-1}} \quad (39)$$

þar sem γ_T er stuðull og $\varepsilon_T > 1$ er verðteygni eftirspurnar eftir aðföngunum tveimur. Lausn við lágmarkunarvandamálinu gefur eftirfarandi jafnvæggiskilyrði:

$$\frac{MC_{TKN,t}}{P_{GT,t}} = \frac{\gamma_T}{1-\gamma_T} \left(\frac{Q_{GT,t}}{Q_{TKN,t}} \right)^{\frac{1}{\varepsilon_T}} \quad (40)$$

$$MC_{T,t} = \left[\gamma_T^{\varepsilon_T} MC_{TKN,t}^{1-\varepsilon_T} + (1-\gamma_T)^{\varepsilon_T} P_{GT,t}^{1-\varepsilon_T} \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon_T}} \quad (41)$$

$$Q_{GT,t} = (1-\gamma_T)^{\varepsilon_T} \left(\frac{P_{GT,t}}{MC_{T,t}} \right)^{-\varepsilon_T} Y_{T,t} \quad (42)$$

þar sem P_{GT} er verð á aðföngum framleiddum af almennum geira og MC_T er jaðarkostnaður í framleiðslu á ferðþjónustu. Jafna (42) gefur eftirspurn fyrirtækis í ferðageira eftir aðföngum framleiddum í almennum geira.

Í þriðja lagi ákveður fyrirtækið verð á afurð sinni á innlendum (P_{TD}) og erlendum (P_{TI}^*) mörkuðum, og verð til fyrirtækja í almennum geira (P_{TG}) þannig að hagnaður þess sé

$$\begin{aligned} \Pi_{T,t} = & P_{TD,t}A_{TD,t} + S_t P_{TI,t}^* A_{TI,t}^* + P_{TG,t}Q_{TG,t} \\ & - MC_{T,t}(A_{TD,t} + A_{TI,t}^* + Q_{TG,t}) \end{aligned} \quad (43)$$

að teknu tilliti til eftirspurnar eftir vöru sinni (í (22), (28) og (53)) sé hámarkaður, þar sem Q_{TG} er magn af aðföngum sem framleidd eru í ferðageira til notkunar í almennum geira.¹

Lausn á þessu hámarkunarvandamáli gefur eftirfarandi jafnvæggiskilyrði:

$$P_{TD,t} = \frac{\eta_T}{\eta_T-1} MC_{T,t} \quad (44)$$

$$P_{TI,t}^* = \frac{\eta_T^*}{\eta_T^*-1} \frac{MC_{T,t}}{S_t} \quad (45)$$

$$P_{TG,t} = \frac{\varepsilon_G}{\varepsilon_G-1} MC_{T,t} \quad (46)$$

¹ Fyrirtækið hefur því markaðsafl, sbr. líkön um einkasölusamkeppni (e. monopolistic competition).

Innlend fyrirtæki – almennur geiri

Vandamál innlends fyrirtækis í almennum geira er þrískipt:

Í *fyrsta lagi* velur það fjármuna- (K_G) og vinnuafslnóttun (N_G) þannig að kostnaður:

$$R_t^K K_{G,t-1} + W_t N_{G,t}$$

sé lágmarkaður að teknu tilliti til þess að notkun á þessum tveimur framleiðsluþáttum gefur milliaðfang (Q_{GKN}) skv. Cobb-Douglas framleiðslufalli:

$$Q_{GKN,t} = K_{G,t-1}^{\gamma_{GKN}} N_{G,t}^{1-\gamma_{GKN}} \quad (47)$$

þar sem $\gamma_{GKN} \in (0,1)$ er mælikvarði á hlutdeild fjármuna í framleiðslu á milliaðfangi að jafnaði. Lausn við lágmarkunarvandamálinu gefur eftirfarandi jafnvæggiskilyrði:

$$\frac{R_t^K}{W_t} = \frac{\gamma_{GKN}}{1-\gamma_{GKN}} \frac{N_{G,t}}{K_{G,t-1}} \quad (48)$$

$$MC_{GKN,t} = \frac{W_t^{1-\gamma_{GKN}} (R_t^K)^{\gamma_{GKN}}}{\gamma_{GKN}^{\gamma_{GKN}} (1-\gamma_{GKN})^{1-\gamma_{GKN}}} \quad (49)$$

þar sem MC_{GKN} er jaðarkostnaður (og meðalkostnaður) í framleiðslu á milliaðfangi.

Í *öðru lagi* velur það notkun á milliaðfangi og aðföngum framleiddum af ferðageira (Q_{TG}) þannig að kostnaður við það:

$$MC_{GKN,t} Q_{GKN,t} + P_{TG,t} Q_{TG,t}$$

sé lágmarkaður að teknu tilliti til þess að notkun á þessum tveimur aðföngum gefur framleiðslu í almennum geira (Y_G) skv. CES framleiðslufalli:

$$Y_{G,t} = \left[\gamma_G Q_{GKN,t}^{\frac{\varepsilon_G-1}{\varepsilon_G}} + (1-\gamma_G) Q_{TG,t}^{\frac{\varepsilon_G-1}{\varepsilon_G}} \right]^{\frac{\varepsilon_G}{\varepsilon_G-1}} \quad (50)$$

þar sem γ_G er stuðull og $\varepsilon_G > 1$ er verðteygni eftirspurnar eftir aðföngunum tveimur. Lausn við lágmarkunarvandamálinu gefur eftirfarandi jafnvæggiskilyrði:

$$\frac{MC_{GKN,t}}{P_{TG,t}} = \frac{\gamma_G}{1-\gamma_G} \left(\frac{Q_{TG,t}}{Q_{GKN,t}} \right)^{\frac{1}{\varepsilon_G}} \quad (51)$$

$$MC_{G,t} = \left[\gamma_G^{\varepsilon_G} MC_{GKN,t}^{1-\varepsilon_G} + (1-\gamma_G)^{\varepsilon_G} P_{TG,t}^{1-\varepsilon_G} \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon_G}} \quad (52)$$

$$Q_{TG,t} = (1-\gamma_G)^{\varepsilon_G} \left(\frac{P_{TG,t}}{MC_{G,t}} \right)^{-\varepsilon_G} Y_{G,t} \quad (53)$$

þar sem P_{TG} er verð á aðföngum framleiddum af ferðageira og MC_G er jaðarkostnaður í framleiðslu í almennum geira. Jafna (53) gefur eftirspurn fyrirtækis í almennum geira eftir aðföngum framleiddum í ferðageira.

Í þriðja lagi ákveður það verð á afurð sinni á innlendum (P_{GD}) og erlendum (P_{GI}^*) mörkuðum og til ferðapjónustufyrirtækis (P_{GT}) þannig að hagnaður þess sé

$$\begin{aligned} \Pi_{G,t} = & P_{GD,t}A_{GD,t} + S_t P_{GI,t}^* A_{GI,t}^* + P_{GT,t}Q_{GT,t} \\ & - MC_{G,t}(A_{GD,t} + A_{GI,t}^* + Q_{GT,t}) \end{aligned} \quad (54)$$

að teknu tilliti til að eftirspurn eftir vöru þess (í (20), (27) og (42)) sé há mörkuð. Lausn við há mörkunarvandamálinu gefur eftirfarandi jafnvægisstyrði:

$$P_{GD,t} = \frac{\eta_G}{\eta_G - 1} MC_{G,t} \quad (55)$$

$$P_{GI,t}^* = \frac{\eta_G^*}{\eta_G^* - 1} \frac{MC_{G,t}}{S_t} \quad (56)$$

$$P_{GT,t} = \frac{\varepsilon_T}{\varepsilon_T - 1} MC_{G,t} \quad (57)$$

Erlend fyrirtæki

Erlend fyrirtæki taka ákvarðanir á sambærilegan máta og þau innlendu. Þær ákvarðanir þeirra sem skipta máli fyrir innlandan efnahag eru verð á innfluttum almennum vörum (P_{GI}) og á innfluttri ferðapjónustu (P_{TI}). Gert er ráð fyrir að innlend heimili séu verðþegar á erlendum mörkuðum fyrir ferðapjónustu:

$$P_{GI,t} = S_t P_{G,t}^* \quad (58)$$

$$P_{TI,t} = S_t P_{T,t}^* \quad (59)$$

Markaðsjafnvægi

Markaðsjafnvægi krefst þess að fjármunir heimilis séu jafnir samanlagðri notkun þess í almennum geira og ferðageira, að vinna heimilis sé jöfn samanlagðri vinnuafslnotkun í geirunum tveimur, að framleiðsla í almennum geira sé jöfn eftirspurn heimila og fyrirtækja í ferðapjónustu og að framleiðsla í ferðapjónustu sé jöfn eftirspurn heimila og fyrirtækja í almennum geira:

$$N_t = N_{G,t} + N_{T,t} \quad (60)$$

$$K_t = K_{G,t} + K_{T,t} \quad (61)$$

$$Y_{G,t} = Y_{G,t}^H + Q_{GT,t} \quad (62)$$

$$Y_{T,t} = Y_{T,t}^H + Q_{TG,t} \quad (63)$$

Verg landsframleiðsla og erlendar eignir

Verg landsframleiðsla er virði endanlegrar framleiðslu í hagkerfinu:

$$Y_t \equiv P_{GD,t}A_{GD,t} + S_t P_{GI,t}^* A_{GI,t}^* + P_{TD,t}A_{TD,t} + S_t P_{TI,t}^* A_{TI,t}^*$$

sem má skrifa á eftirfarandi hátt með því að nota jafnvægisamböndin að framan:

$$Y_t = A_t + NX_t \quad (64)$$

Erlendar eignir hagkerfisins þróast skv. jöfnu (8), sem má nota ásamt jafnvægisstyrðunum að framan til að fá eftirfarandi jöfnu fyrir þróun erlendra eigna:

$$S_t B_{I,t} = R_{t-1}^* (1 - \Gamma_{t-1}) S_t B_{I,t-1} + NX_t \quad (65)$$

Hið opinbera

Afgangi af rekstri hins opinbera er dreift til heimila í formi tilfærslna:

$$T_t = \tau^K R_t^K K_{t-1} + \tau^N W_t N_t - G_t \quad (66)$$

Almennt jafnvægi (e. general equilibrium)

Líkanið samanstendur af 55 innri breytum:

$$P_G, P_T, P_{GD}, P_{GI}, P_{TD}, P_{TI}, P_{GI}^*, P_{TI}^*, P_{GT}, P_{TG}$$

$$S, W, R, R^K, \Gamma, Q$$

$$A_G, A_T, A_{GD}, A_{GI}, A_{TD}, A_{TI}, A_{GI}^*, A_{TI}^*, A_G^*, A_T^*, A$$

$$MRS_{CN}, MRS, ,$$

$$MC_{GKN}, MC_{TKN}, MC_T, MC_G$$

$$Q_{GT}, Q_{TG}, Q_{GKN}, Q_{TKN},$$

$$Y_G^H, Y_T^H, Y_G, Y_T, ,$$

$$N, N_G, N_T, K, K_G, K_T, ,$$

$$Y, C, I, EX, IM, NX, B_I, T$$

og 5 ytri breytum:

$$P_G^*, P_T^*, A^*, R^*, G$$

Til þess að leysa fyrir innri breytur líkansins eru jöfnur (1)-(7), (9)-(10), (12), (16), (19)-(41), (44)-(52) og (55)-(66) notaðar, samtals 55 jöfnur.

3. Lausn líkans

Til þess að nota líkanið er það leyst tölulega (e. numerically) og hermt (e. simulated) með hjálp forritsins Dynare. Dynare er sæmilega öflugt reikniforrit, þróað m.a. af seðlabönkum og háskólum í Evrópu til þessa að meta, leysa og herma þjóðhagslíkön. Nánari upplýsingar um forritið má finna á www.dynare.org.

Lausn á tímatengdu (e. dynamic) líkani felst í því að rita innri breytur líkansins, þ.e. breytur hverra gildi ráðast af líkaninu, sem fall af upphaflegu gildi stöðubreyta (e. stock variables) líkansins og ytri breytum þess. Í því líkani sem hér um ræðir felst lausnin í að skrifa hverja af innri breytunum 55 sem fall af erlendri eignastöðu og fjármagnsstofni, annars vegar, og eftirspurn eftir vörum og þjónustu erlendis, vöxtum erlendis, verði á vörum framleiddum í almennum geira erlendis, verði á ferðaþjónustu erlendis og samneyslu, hins vegar (sjá lýsingu á líkani að framan).

Þetta kann að vera þægilegt að rita á almennu stærðfræðimáli fyrir stöðubreytu Y_t sem:

$$Y_t = F(Y_{t-1}, Z_t)$$

og fyrir flæðibreytu X_t :

$$X_t = G(Y_{t-1}, Z_t)$$

þar sem Y_{t-1} er (1×4) vektor stöðubreytanna tveggja við lok tíma $t - 1$, Z_t er (1×5) vektor ytri breytanna fimm á tíma t , og $F(\cdot)$ og $G(\cdot)$ eru föll. Jafnvægisstyrki líkansins samanstanda af 51 flæðibreytu og fjórum stöðubreytum).

Hermunin felst síðan í að greina tölulega áhrif tímabundinnar eða varanlegrar breytingar í einni eða fleiri ytri breytum líkans á innri breytur þess til skemmri og lengri tíma. Jafnframt er mögulegt að herma áhrif breytinga í stikum (e. parameters) líkans á innri breytur þess. Í því líkani sem hér um ræðir gæti slík hermun falið í sér að greina áhrif hærra hlutfalls neysluútgjalda heimila sem varið er að jafnaði til kaupa á ferðaþjónustu.

Flest þjóðhagslíkön, eins og það sem hér er um ræðir, eru ólínuleg, og því eru þau leyst með því að nálga (e. approximate) líkanið við svokallað stöðujafnvægi (e. steady state equilibrium), en stöðujafnvægi má túlka sem langtímaþróun þess hagkerfis sem líkanið lýsir. Gildi nálgaðrar breytu ber þá að túlka sem hlutfallslegt frávik frá langtímaþróun hennar. Stærðfræðileg framsetning á 1° nálgun myndi vera:

$$y_t = \alpha y_{t-1} + \beta z_t$$

$$x_t = \gamma y_{t-1} + \delta z_t$$

þar sem y_t er hlutfallslegt frávik Y_t frá stöðujafnvægi, x_t er hlutfallslegt frávik X_t frá stöðujafnvægi, α og γ eru (1×4) vektorar stuðla, β og δ eru (1×5) vektorar stuðla, y_{t-1} er (4×1) vektor stöðubreytanna, sem mældar eru í hlutfallslegu frávik frá stöðujafnvægi, og z_{t-1} er (5×1) vektor ytri breytanna, sem einnig eru mældar í hlutfallslegu frávik frá stöðujafnvægi.

Til þess að unnt sé að nálga líkan þarf því að leggja tölulegt mat á langtímaþróun hagkerfisins og nýta þær upplýsingar við að leysa líkanið. Í því líkani sem hér um ræðir þarf t.d. að áætla það hlutfall af neysluútgjöldum heimila innanlands og erlendis sem fer að jafnaði til kaupa á almennum neysluvörum annars vegar og til kaupa á ferðþjónustu hins vegar. Slík upplýsingaöflun og notkun þeirra upplýsinga við að leysa líkanið er nefnd upplýst ágiskun (e. calibration) og er fjallað um í næsta kafla.

Við lausn á og hermun flestra þjóðhagslíkana er fyrstu gráðu nálgun við langtímaþróun hagkerfisins notuð. Í Dynare er hins vegar mögulegt að beita allt að þriðju gráðu nálgun. Almennt má segja að nálgun sé nákvæmari því hærri sem gráða nálgunar er. Því er æskilegt að nota þriðju gráðu nálgun við lausn og hermun á því líkani sem hér um ræðir. Hins vegar eykst reiknifræðilegt erfiðleikastig með hærri gráðu nálgunar og því kann að vera að nauðsynlegt reynist að styðjast við nálgun af fyrstu eða annarri gráðu.

Í þeim dæmum um hermanir sem sýnd eru í skýrslunni er fyrstu gráðu nálgun notuð og eru lausnir fyrir breytur líkansins því túlkaðar sem hlutfallsleg frávik frá langtímaþróuninni. Eins og fyrr segir í þessum kafla er líkanið leyst og hermt með því að nota forritið Dynare Til þess að nota Dynare þarf að skrifa nálgaða líkanið upp í svokallaði mod-skrá. Skráin fylgir í viðauka.

4. Mat á stuðlum og langtímaþróun hagkerfisins

Við ákvörðun gildi stuðla líkansins er miðað við ársfjórðungslega tíðni og gert ráð fyrir samhverfu á milli innlendra og erlendra stuðlagilda (stuðull með yfirskriftina „*“ fær sama gildi og viðkomandi stuðull fyrir íslenskt hagkerfi), líkt og gert er í DSGE líkani Seðlabanka Íslands (SÍ). Gildin eru annars vegar fengin úr DSGE líkani SÍ og hins vegar þvinguð þannig að líkanið endurspegli sem best langtímaþróun íslenska hagkerfisins. Við mat á langtímaþróun hagkerfisins er tekið mið af þróun þess árin 2011-2019, líkt og í DSGE líkani SÍ.

Eftirfarandi stuðlagildi eru m.a. fengin úr DSGE líkani SÍ:

Tafla 1. Stuðlagildi fengin úr DSGE líkani SÍ							
Stuðull	φ	h_C	h_N	β	δ	$\lambda \equiv \frac{1}{\Gamma_I''(1)}$	$\phi_b \equiv \frac{\phi_1 \phi_2}{2}$
Gildi	3	0,94	0,53	0,995	0,02	0,05	0,005

Gert er ráð fyrir að $\tau^N = 0,4$ og $\tau^K = 0,2$ við lausn líkansins, sem er í samræmi við skatthlutföll árin 2011-2019 á Íslandi.

Skv. ferðapjónustureikningum Hagstofu Íslands var virðisauki (vinnsluvirði) í ferðapjónustu að meðaltali 9% af virðisauka í íslenska hagkerfinu árin 2011-2019 og því er gert ráð fyrir að $\alpha = 0,91$ við lausn líkansins.

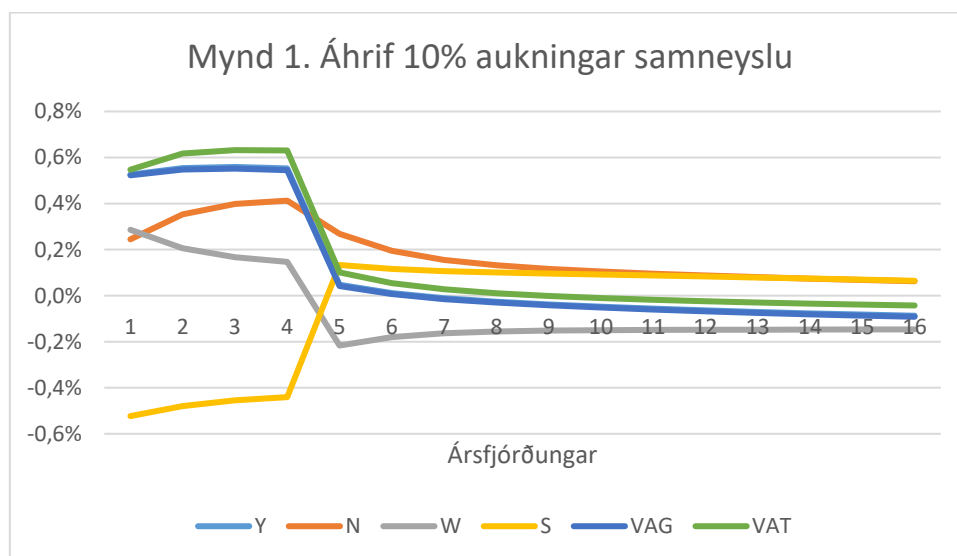
Skv. ferðapjónustureikningunum var hlutfall fjármuna í virðisauka í ferðapjónustu að meðaltali 31% árin 2011-2019. Í DSGE líkani SÍ er gert ráð fyrir að þetta hlutfall sé 40% fyrir hagkerfið í heild og því fæst (með því að vega saman hlutföllin) að hlutfallið fyrir almennan geira sé 41%. Við lausn líkansins er því gert ráð fyrir að $\gamma_{TKN} = 0,31$ og $\gamma_{GKN} = 0,41$.

Í DSGE líkani Seðlabanka er gert ráð fyrir að hlutfall innlendra vara og þjónustu í útgjöldum innanlands sé að jafnaði 58%. Við lausn líkansins er því gert ráð fyrir að $\alpha_G = \alpha_T = 0,58$. Auk þessa er í DSGE líkaninu gert ráð fyrir að verðteygni milli mismunandi vörutegunda innanlands sé 6 og að verðteygni milli innlendra og erlendra vörutegunda sé 2. Við lausn líkansins er því gert ráð fyrir að $\eta = 6$ og $\eta_G = \eta_T = 2$.

Gildi annarra stika líkansins svo og lausnir fyrir hlutföll hagstærða skv. langtímaþróun voru fengin með því að para saman viðkomandi hlutföll skv. langtímaþróun líkansins og upplýsingar um langtímaþróun hlutfallanna úr ferðapjónustureikningum Hagstofu Íslands fyrir árin 2011-2019.

5. Dæmi um keyrslur

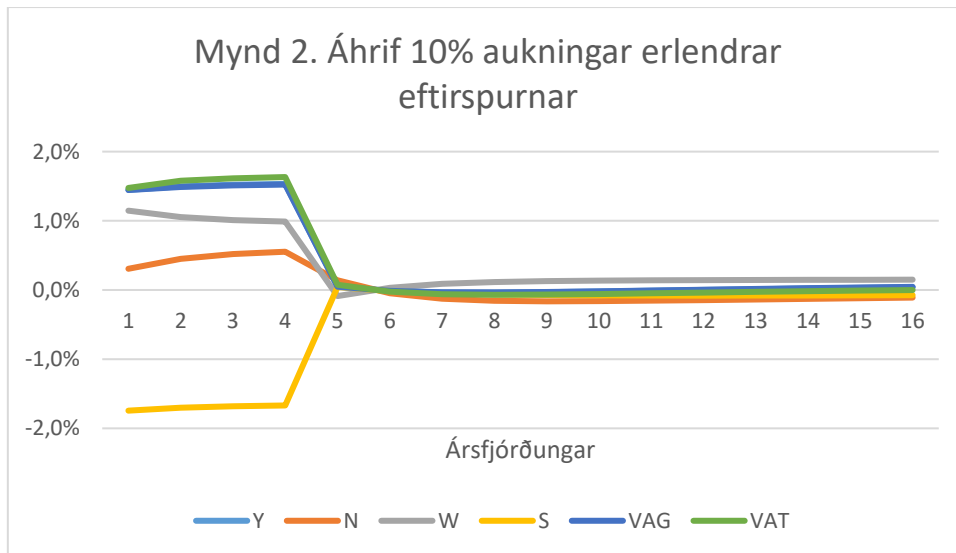
Á eftirfarandi mynd eru sýnd áhrif 10% aukningar samneyslu í eitt ár (í fjóra ársfjórðunga) skv. líkaninu:



Myndin sýnir áhrif þess að samneysla verði 10% meiri í eitt ár en nemur langtímaþróun hagkerfisins. Samkvæmt myndinni leiðir 10% aukning samneyslu til þess að verg landsframleiðsla (Y) eykst um tæplega 0,6% sömu ársfjórðunga og samneyslaukningin á sér stað. Svipaða sögu er að segja um virðisauka í almennum geira (VAG) og ferðageira (VAT). Aukning virðisauka í ferðageira er aðeins meiri en aukning virðisauka í almennum geira og aukning vergrar landsframleiðslu. Þá eykst kaupmáttur (W) um 0,2% og atvinna (N) um 0,3%-0,4%. Raungengi (1/S) styrkist um 1,6%. Eftir að samneyslaukningin hverfur leita allar breytur í átt til langtímaþróunar þeirra.

Í líkaninu er gert ráð fyrir að aukin samneysla leiði til aukinnar eftirspurnar eftir öllum vörum og þjónustu í hagkerfi, bæði vörum og þjónustu framleiddum í almennum geira og ferðageira, sem útskýrir svipuð áhrif aukningar samneyslu á virðisauka í geirunum tveimur.

Á eftirfarandi mynd eru sýnd áhrif 10% aukningar erlendar eftirspurnar eftir vörum og þjónustu í eitt ár (í fjóra ársfjórðunga) skv. líkaninu:



Myndin sýnir áhrif þess að erlend eftirspurn eftir vörum og þjónustu verði 10% meiri í eitt ár en nemur langtímaþróun hagkerfisins. Áhrif 10% aukningar erlendra eftirspurnar eru á svipaða leið og áhrif samneyslaukningar að því undanskildu að töluleg áhrif eru þar nokkuð meiri, sem má útskýra með því að vægi utanríkisverslunar Íslands er mun meira en vægi samneyslu í eftirspurn eftir innlendum vörum og þjónustu.

Tilvísanir

Dynare. 2022. www.dynare.org

Kydland, F. E. and E. C. Prescott (1982), Time-to-Build and Aggregate Fluctuations, *Econometrica*, Vol. 50., No. 6, pp. 1345-1370.

Smets, F. and R. Wouters (2003), An Estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area, *Journal of the European Economic Association*, Vol. 1, No. 5, pp. 1123-1175.

Stefán Þórarinsson (2020), “DYNIMO – Version III. A DSGE Model of the Icelandic Economy”, Central Bank of Iceland Working Paper 84.

Viðauki – Mod skrá (afurð D4)

```
// Þjóðhagslíkan með ferðapjónustugeira
```

```
close all
```

```
%-----
```

```
% 1. Defining variables
```

```
%-----
```

```
var MRSCN MRS N C W R S DLAM Q RK I BI NX K
```

```
PG PT PGD PGI PTD PTI PGIF PTIF
```

```
A AG AT AGD AGI ATD ATI AGF ATF AGIF ATIF
```

```
NT NG KT KG YGH YTH YG YT QGT QTG EX IM Y
```

```
MCTKN QTKN PGT MCT MCGKN QGKN PTG MCG T
```

```
VAG VAT;
```

```
varexo RF PGF PTF AF G;
```

```
parameters phi hn hc beta delta lam phib
```

```
alpha alphag alphas eta etag etat tauk taun
```

```
gammatkn epsilont gammat gammagkn epsilong gammag
```

```
sskgkty ssgy ssngn sskgk ssyghy ssythyt
```

```
ssmctknmct ssqtknyt ssmcgknmcmg ssqgknyg ssrkky;
```

```
%-----
```

```
% 2. Parameter values
```

```
%-----
```

```
phi = 3;
```

```
hn = 0.53;
```


hc = 0.94;
beta = 0.995;
delta = 0.02;
lam = 0.05;
phib = 0.005;
alpha = 0.91;
alphag = 0.58;
alphat = 0.58;
eta = 6;
etag = 2;
etat = 2;
tauk = 0.2;
taun = 0.4;
gammatkn = 0.31;
epsilont = 2;
gammat = 1.50596;
gammagkn = 0.41;
epsilong = 2;
gammag = 1.29586;
sskgkty = 7.84054;
ssgy = 0.24;
ssngn = 0.834349;
sskgk = 0.886243;
ssyghyg = 0.98569;
ssythyt = 0.787644;
ssmctknmct = 2.60081;
ssqtknyt = 0.6057;
ssmcgknmcg = 1.75611;
ssqgknyg = 0.654;
ssrkky = 0.245263;

```

%-----
% 3. Model
%-----

model(linear);

// Households
MRSCN = (phi/(1-hn))*(N-hn*N(-1))+1/(1-hc)*(C-hc*C(-1));
MRS = -1/(1-hc)*(C(+1)-hc*C)+1/(1-hc)*(C-hc*C(-1));
MRSCN = W;
R = -MRS;
S(+1) - S = R - RF + DLAM;
Q = (1-beta*(1-delta))*RK(+1) + beta*(1-delta)*Q(+1) - R;
I = (1/(1+beta))*(beta*I(+1) + I(-1)+ lam*Q);
BI = (1/beta)*BI(-1) + NX;
K = (1-delta)*K(-1) + delta*I;
DLAM = phib*BI;

// Market equilibrium
0 = alpha*PG + (1-alpha)*PT;
PG = alphag*PGD + (1-alphag)*PGI;
PT = alphas*PTD + (1-alphas)*PTI;
AGD = -etag*(PGD-PG) + AG;
AGI = -etag*(PGI-PG) + AG;
AGIF = -etag*(PGIF-PGF) + AGF;
ATD = -etat*(PTD-PT) + AT;
ATI = -etat*(PTI-PT) + AT;
ATIF = -etat*(PTIF-PTF) + ATF;
AG = -eta*PG + A;
AT = -eta*PT + A;
AGF = -eta*PGF + AF;

```

$$\begin{aligned}
ATF &= -\eta * PTF + AF; \\
A &= (1-\delta * sskgkty - ssgy) * C + \delta * sskgkty * I + ssgy * G; \\
N &= ssngn * NG + (1-ssngn) * NT; \\
K &= sskgk * KG + (1-sskgk) * KT; \\
YGH &= alphag * AGD + (1-alphag) * AGIF; \\
YTH &= alphas * ATD + (1-alphas) * ATIF; \\
YG &= ssyghyg * YGH + (1-ssyghyg) * QGT; \\
YT &= ssythyt * YTH + (1-ssythyt) * QTG; \\
EX &= S + (((1-alphag) * alpha) / ((1-alphag) * alpha + (1-alphas) * (1-alpha))) * (PGIF + AGIF) + (((1-alphas) * (1-alpha)) / ((1-alphag) * alpha + (1-alphas) * (1-alpha))) * (PTIF + ATIF); \\
IM &= (((1-alphag) * alpha) / ((1-alphag) * alpha + (1-alphas) * (1-alpha))) * (PGI + AGI) + (((1-alphas) * (1-alpha)) / ((1-alphag) * alpha + (1-alphas) * (1-alpha))) * (PTI + ATI); \\
NX &= ((1-alphag) * alpha + (1-alphas) * (1-alpha)) * (EX - IM); \\
Y &= A + NX;
\end{aligned}$$

// Firms

$$\begin{aligned}
NT - KT(-1) &= RK - W; \\
MCTKN &= gammatkn * RK + (1-gammatkn) * W; \\
QTKN &= gammatkn * KT(-1) + (1-gammatkn) * NT; \\
QGT - QTKN &= epsilont * (MCTKN - PGT); \\
MCT &= PGT + (gammat^epsilont) * (ssmctknmct^(1-epsilont)) * (MCTKN - PGT); \\
YT &= QGT + gammat * (ssqtknyt^((epsilont-1)/epsilont)) * (QTKN - QGT); \\
NG - KG(-1) &= RK - W; \\
MCGKN &= gammagkn * RK + (1-gammagkn) * W; \\
QGKN &= gammagkn * KG(-1) + (1-gammagkn) * NG; \\
QTG - QGKN &= epsilong * (MCGKN - PTG); \\
MCG &= PTG + (gammag^epsilong) * (ssmcgknmcg^(1-epsilong)) * (MCGKN - PTG); \\
YG &= QTG + gammag * (ssqgknyg^((epsilong-1)/epsilong)) * (QGKN - QTG); \\
PTD &= MCT; \\
PTIF &= MCT - S; \\
PTG &= MCT;
\end{aligned}$$

PGD = MCG;

PGIF = MCG - S;

PGT = MCG;

PGI = S + PGF;

PTI = S + PTF;

// Government

T = tauk*ssrkky*(K(-1)+RK) + taun*(1-ssrkky)*(N+W) - ssgy*G;

// Other

VAG = alphag*(PGD+AGD)+(1-alphag)*(S+PGIF+AGIF);

VAT = alphas*(PTD+ATD)+(1-alphas)*(S+PTIF+ATIF);

end;

steady;

%-----

% 4. Shocks

%-----

shocks;

var PGF;

periods 1:4;

values 0.1;

end;

%-----

% 5. Simulate

%-----

perfect_foresight_setup(periods=500);

```
perfect_foresight_solver(print);
```

ÚTGEFIÐ Í MARS 2023



Ferðamálastofa
Icelandic Tourist Board

Geirsgata 9 • 101 Reykjavík • Iceland • Hafnarstræti 91 • 600 Akureyri • Iceland
Sími/Tel +354 535 5500 • upplýsingar@ferdamalastofa.is

www.ferdamalastofa.is