SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

PRIRODOSLOVNO–MATEMATIČKI FAKULTET

MATEMATIČKI ODSJEK

Hana Perdić Lukačević

BIHEVIORALNI NOVOKEYNESIJANSKI MODEL U UVJETIMA ZAMKE LIKVIDNOSTI

Diplomski rad

Voditelj rada:
prof. dr. sc. Boris Cota

Zagreb, 2021.

Ovaj diplomski rad obranjen je dana ____________________ pred ispitnim povjerenstvom u sastavu:

1. ____________________________, predsjednik
2. ____________________________, član
3. ____________________________, član

Povjerenstvo je rad ocijenilo ocjenom _______________.

Potpisi članova povjerenstva:

1. ____________________________
2. ____________________________
3. ____________________________

Sadržaj

Oznake koje ćemo koristiti u radu

y_t = proizvodnja u trenutku t

$\hat{y}_t^n$ = prirodna stopa proizvodnje u trenutku t

z_t = potencijalna razina proizvodnje u trenutku t

x_t = proizvodni jaz u trenutku t

c_t = potrošnja u trenutku t

$\hat{c}_t^n$ = prirodna stopa potrošnje u trenutku t

π_t = stopa inflacije u trenutku t

i_t = nominalna kamatna stopa u trenutku t

r_t = realna kamatna stopa u trenutku t

$\hat{r}_t^n$ = prirodna razina realne kamatne stope u trenutku t

g_t = šok u potražnji u trenutku t

u_t = šok u ponudi u trenutku t

d_t = budžetski deficit u trenutku t

N_t = ponuda rada u trenutku t

ζ_t = produktivnost u trenutku t

w = realni dohodak

L_t = funkcija gubitka u trenutku t

D_i = potražnja za dobrom i

P_i = cijena koju postavlja poduzeće i

P = razina cijena

D = broj jedinica nekog dobra

M = ponuda novca

θ = vjerojatnost da poduzeće neće mijenjati cijenu

λ = u kojoj mjeri ovisi inflacija o proizvodnoj jazu u Phillipsovoj krivulji

β = diskontni faktor u Phillipsovoj krivulji

ϕ = parametar koji govori u kojoj mjeri ovisi proizvodni jaz o realnoj kamatnoj stopi u IS krivulji

$\overline{m}$ = parametar kognitivnog diskontiranja u Bihevioralnom modelu

M = makro parametar pažnje u Bihevioralnom modelu

Uvod

Svjedočili smo velikoj financijskoj krizi s početkom u ljeto 2007. godine. Asocijacije koje imamo kada spomenemo taj događaj su recesija, rast nezaposlenosti te neizvjesnost. Što se zapravo dogodilo nakon krize i svjedočimo li posljedicama i danas, na koji način to možemo modelirati i koji model će dobro opisivati stvarnu situaciju?
Prije zamke likvidnosti monetarna politika se provodila na relativno predvidiv način. Cilj monetarne politike bio je stabilna inflacija odnosno stabilnost cijena, a kao odgovor na kretanje makroekonomskih varijabli kao što su bruto društveni proizvod i stopa nezaposlenosti, središnja banka je prilagođavala nominalnu kamatnu stopu. Spomenuta financijska kriza je uzrokovala to da su središnje banke snizile nominalne kamatne stope blizu nule u pokušaju da stimuliraju gospodarstvo, na kojoj su razini u nekim državama (Europa) ostale sve do danas. Uz niske kamatne stope i neizvjesnu budućnost, potrošači u većini slučajeva odabiru gomilanje novca ispred ulaganja u financijsku imovinu koja bi trebala donositi pozitivan prinos, za razliku od novca čiji je prinos nula, jer vjeruju da će ih kupnja takve financijske imovine samo dovesti do gubitka kapitala. Kao rezultat, ekspanzivna monetarna politika središnje banke, odnosno rast ponude novca, neće stimulirati ekonomiju i dodatno smanjiti kamatne stope. U tom slučaju kažemo da se ekonomija našla u zamci likvidnosti. Središnja banka je morala naći alternativne alate kako bi vratila ekonomiju na stanje prije šoka i potakla rast.
Međutim, što se događa kada sudionci ekonomije - potrošači, poduzeća i država ne mogu jasno percipirati što će se dogoditi u budućnosti sa kamatnim stopama i kako će to na njih utjecati? Odnosno, ako pretpostavimo da su agenti ograničeno racionalni, kako to djeluje na monetarnu i fiskalnu politiku u zamci likvidnosti? Ovaj diplomski rad će pokušati dati odgovor na ta pitanja.
U prvom poglavlju proučavati ćemo Novokeynesijanski model. Izvesti ćemo jednadžbe koje opisuju kretanje proizvodnog jaza i inflacije u modelu. Iz jednadžbi ćemo vidjeti da trenutno ponašanje ekonomije ne ovisi samo o sadašnjoj politici već i o očekivanjima o budućnosti što će biti ključna implikacija u ovom modelu. Na kraju prvog odjeljka navesti ćemo neke nedostatke modela iz čega će biti jasno zašto ga trebamo proširiti sa novim saznanjima koje donosi Bihevioralni model.
Bihevioralni model kao proširenje klasičnog Novokeynesijanskog modela uvodimo u dru-

gom poglavlju. Objasniti ćemo razlike u jednadžbama za proizvodni jaz i inflaciju koje nastaju uvođenjem ponašanja agenata koji ne mogu savršeno anticipirati budućnost. Analiza takvog modela zahtijeva objašnjenje učinkovitosti fiskalne politike s obzirom na tradicionalni model, te objašnjenje učinkovitosti monetarne politike sa aspekta budućih smjernica. Kada u potpunosti objasnimo model biti ćemo spremni na posljednje poglavlje koje će odgovoriti na pitanje postoji li jedinstvena ravnoteža za ekonomiju koja je u zamci likvidnosti dugo vremensko razdoblje.
U trećem poglavlju, vraćamo se opet na Novokeynesijanski model ali ovaj put u neprekidnom vremenu. Objašnjavamo kako se model ponaša kada se ekonomija nađe u zamci likvidnosti i kako na to odgovara središnja banka. Primjetiti ćemo da se u tradicionalnom modelu, uz konvencionalne alate i politike središnje banke, ekonomija nađe u recesiji čiji intenzitet ovisi o vremenskom trajanju zamke likvidnosti. Preslikati ćemo situaciju u Bihevioralni model i primjetiti da se situacija znatno mijenja. Ravnoteža će biti određena i jedinstvena čak i u slučaju pasivne monetarne politike sa kamatnom stopom na nuli. Proučiti ćemo i jedan nekonvencionalni instrument središnje banke, buduće smjernice, te primjetiti kako se učinkovitost tog instrumenta monetarne politike smanjuje kada dodamo bihevioralne parametre. Za kraj, proučiti ćemo što znači optimalna politika u Bihevioralnom modelu te se osvrnuti na trenutne vrijednosti kamatne stope i inflacije u Eurozoni.

Poglavlje 1

Novokeynesijanski model

1.1 Pretpostavke i kriteriji modela

Novokeynesijanski model ekonomisti počinju razvijati u sedamdesetim i osamdesetim godinama prošlog stoljeća kao odgovor na kritike Keynesijanskog modela razvijenog od strane britanskog ekonomista Johna Maynarda Keynesa 1936.godine. Prvi val Novokeynesijanskih ekonomista javlja se krajem sedamdesetih godina s Fischerom (1977.), a slijede ga Phelps (1977.) , Taylor (1979.) te kasnije i mnogi drugi. Model kakav danas poznajemo prvi formuliraju R. Clarida i J. Gali 1999. godine u članku [3] .
Novokeynesijanski model razvija se unutar Keynesijanske tradicije uz tri značajne modifikacije: uvode se nominalne varijable - cijene, plaće i nominalne kamatne stope, napušta se pretpostavka o savršenoj konkurenciji na tržištu dobara te se uvodi pojam nominalnih rigridnosti. Vidjet ćemo da je upravo postojanje nominalnih rigridnosti, odnosno otpornosti nominalnih cijena i plaća na promijene, također poznato pod nazivom "ljepljivost cijena" ili "ljepljivost plaća" ključno za razvoj modela u nastavku. Pri određivanju cijena model se oslanja na načelo Gullierma Calva iz 1983. godine. Agenti u modelu biti će racionalni i imati će racionalna očekivanja.
Novokeynesijanski model ima dva važna svojstva. Prvo, egzogene promjene u monetarnoj politici nemaju samo učinak na nominalne varijable već i na realne. A drugo i još važnije, ako se dogodi šok u ponudi ili u potražnji, kako će ekonomija odgovoriti na taj šok ovisi o središnjoj banci i o pravilu monetarne politike koje se trenutno provodi.

1.2 Novokeynesijanski model monetarne politike

Prateći izvod u [3] objasnimo Novokeynesijanski model. Neka su y_t i z_t redom stohastičke komponente proizvodnje i potencijalne razine proizvodnje, koja se još naziva prirodna razina proizvodnje. Prirodna razina proizvodnje je ona razina proizvodnje kada se svi ras-

položivi resursi učinkovito koriste i kod koje su troškovi po jedinici proizvodnje minimalni. Takva razina proizvodnje nije maksimalna razina proizvodnje. Prirodnu razinu proizvodnje možemo i definirati kao razinu proizvodnje dobara i usluga koje gospodarstvo postiže u dugom roku kada je zaposlenost na svojoj prirodnoj razini odnosno kada su jednake potražnja i ponuda za radom. Obje komponente, i proizvodnja i potencijalna proizvodnja, prikazane su kao log vrijednosti. Općenito, logaritmiranje u modeliranju podataka koristimo kada nemamo linearnost među podacima a želimo je postići. Razliku između stvarne i potencijalne proizvodnje u trenutku t zovemo proizvodni jaz u trenutku t i označavamo s $x_t : x_t = y_t - z_t$, za $t \geq 0$.
Neka je π_t stopa inflacije u trenutku t, definirana kao postotna promjena u cijenama od trenutka t-1 do t.
Model monetarne politike izvodimo iz dvije ključne jednadžbe (vidi i [2] str. 278.-279.) - IS krivulje iz koje čitamo negativnu vezu između proizvodnog jaza i realne kamatne stope, koja je razlika nominalne kamatne stope i očekivane inflacije i Phillipsove krivulje, u kojoj je vidljiva pozitivna veza između proizvodnog jaza i inflacije:

$$x_t = -\phi(i_t - E_t\pi_{t+1}) + E_t x_{t+1} + g_t \tag{1.1}$$

$$\pi_t = \lambda x_t + \beta E_t \pi_{t+1} + u_t \tag{1.2}$$

gdje su:
i_t = kratkoročna nominalna kamatna stopa, g_t = šok u potražnji koji zadovoljava jednadžbu $g_t = \mu g_{t-1} + \hat{g}_t$, u_t = šok u ponudi koji zadovoljava jednadžbu $u_t = \rho u_{t-1} + \hat{u}_t$

Jednadžba (1.1) proizlazi iz log- linearizirane Eulerove jednadžbe za potrošnju i optimizacije ponašanja kućanstava s racionalnim očekivanjima.
Objasnimo Eulerovu jednadžbu:
Iz [[11], 20.poglavlje] i [8] potrošač odabire potrošnju tako da maksimalizira korisnost u skladu s njegovim dohotkovnim ograničenjima:

$$MaxU = u(c_t) + u(c_{t+1}) \text{ , uz ograničenje } u(c_t) + \tfrac{u(c_{t+1})}{1+r_t} = \overline{W}$$

gdje je $\overline{W}$ cijelo njegovo bogatstvo, suma bogatstva danas i diskontiranog budućeg bogatstva. r_t je realna kamatna stopa koju zarađuje na štednji ili plaća na zaduživanje i potrošač je uzima je kao danu. Ako maksimizira korisnost, potrošač treba biti indiferentan između potrošnje danas ili potrošnje u budućnosti.
Funkcija korisnosti je $u(c_t)$, c_t potrošnja u trenutku t, uz pretpostavku da je $u'(c_t) > 0$ - funkcija korisnosti je rastuća funkcija potrošnje i $u''(c_t) < 0$ - ali po opadajućoj stopi. $u'(c_t) > 0$ je granična korisnost, odnosno dodatna korisnost koju potrošač dobije ako troši

danas, a ako odluči trošiti u budućnosti njegova dodatna korisnost je $\phi u'(c_{t+1})$ - diskontirana granična korisnost potrošnje u budućnosti. Doživotni utilitet (U) je zbroj korisnosti od potrošnje danas i diskontirane korisnosti od potrošnje u budućnosti :

$$U = u(c_t) + \phi u(c_{t+1})$$

$\phi \in (0, 1)$ je diskontni faktor koji mjeri koliko je kućanstvo nestrpljivo prema sadašnjoj potrošnji. Iz jednadžbe vidimo da manji ϕ znači veću nestrpljivost jer potrošnja u budućnosti ulazi u jednadžbu s manjim ponderom. Primjerice, za $\phi = 1$, potrošač jednako vrednuje potrošnju danas i potrošnju u budućnosti. Ako je $\phi < 1$ potrošač ima veću korisnost od potrošnje danas nego od potrošnje u budućnosti.
Prvi uvjet optimalnosti je Eulerova jednadžba:

$$u'(c_t) = \phi(1 + r_t)u'(c_{t+1})$$

Jednadžba ne određuje razinu potrošnje već se razina potrošnje određuje pomoću međuvremenskog budžetskog ograničenja (sadašnja vrijednost potrošnje je jednaka sadašnjoj vrijednosti dohotka : $u(c_t) + \frac{u(c_{t+1})}{1+r_t} = \overline{W}$). Eulerova jednadžba jedna je od najpoznatijih jednadžbi u makroekonomiji i ima jasnu intuiciju. Potrošač mora biti ravnodušan između potrošnje jedne dodatne jedinice danas, s jedne strane, i uštedu te jedinice i potrošnju u budućnosti, s druge strane. Kako bi dali eksplicitno rješenje Eulerove jednadžbe, moramo specificirati kojeg je oblika fukcija korisnosti. U članku [11] se navodi da je uobičajen izbor logaritamska funkcija $u(c_t) = logc_t$. Razlog zbog kojeg je logaritamska funkcija često izbor za funkciju korisnosti je zbog njene prve derivacije koju na jednostavan način možemo uvrstiti u jednadžbu. Imamo: $u(c_t) = logc_t \rightarrow u'(c_t) = \frac{1}{c_t}$. Ako to ubacimo u prvi uvjet optimalnosti dobijemo $\frac{1}{c_t} = \phi(1 + r_t)\frac{1}{c_{t+1}}$. Sve pomnožimo s c_{t+1} pa je rješenje jednadžbe je dano s:

$$\frac{c_{t+1}}{c_t} = \phi(1 + r_t)$$

Lijeva strana jednadžbe je stopa rasta potrošnje od trenutka t do trenutka t+1. Jednadžba govori da potrošač bira svoju potrošnju tako da je stopa rasta potrošnje s obzirom na štednju umnožak diskontnog faktora (vremenske preferencije) i kamatne stope koju može zaraditi štedeći.
Pogledajmo jednakost $Y_t = C_t + E_t$ ([3]) koja se u ekonomiji naziva jednadžba čišćenja tržišta te predstavlja jednakost između potražnje sa jedne strane jednadžbe, zbroj potrošnje kućanstava (C_t) i državne potrošnje (E_t) u trenutku t i ponude u trenutku t (Y_t) s druge strane. Iz jednadžbe možemo napisati log-lineariziranu Eulerovu jednadžbu za potrošnju.
Logaritmiramo izraz

$$\frac{c_{t+1}}{c_t} = \phi(1 + r_t)$$

i dobijemo $logc_t = -log\phi(1 + r_t) + logc_{t+1}$. Primjetimo da dobijemo točno: (kao u [3]):

$$c_t = y_t - e_t = -\phi(i_t - E_t\pi_{t+1}) + E_t(y_{t+1} - e_{t+1})$$

gdje je $e_t = -log(1 - \frac{E_t}{Y_t})$. Koristeći $x_{t+1} = y_{t+1} - z_{t+1}$ moguće je izvesti formulu za x_t (IS krivulja (1.1)):

$$x_t = -\phi(i_t - E_t\pi_{t+1}) + E_t x_{t+1} + g_t$$

gdje je $g_t = E_t(\Delta z_{t+1} - \Delta e_{t+1})$ šok u potražnji.
Trenutna proizvodnja ovisi o budućoj proizvodnji i o realnoj kamatnoj stopi. Veća očekivana proizvodnja potiče sadašnju zbog tzv. izaglađivanja potrošnje. Izaglađivanje potrošnje je proces u kojem potrošačevo očekivanje o većoj potrošnji u budućem periodu vodi do toga da i u ovom periodu troši više, što povećava sadašnju potražnju pa i proizvodnju.
Rast kamatne stope, ceteris paribus, smanjuje potrošnju i povećava štednju.

Iteriranjem jednadžbe (1.1) dobivamo:

$$x_t = E_t \sum_{i=0}^{\infty}(-\phi(i_t - E_t\pi_{t+1}) + E_t x_{t+1} + g_t) \tag{1.3}$$

Iz čega je vidljivo da očekivanja o budućnosti utječu na sadašnju aktivnost. Proizvodni jaz ne uvisi samo o sadašnjoj realnoj kamatnoj stopi i šoku u potražnji, već i o očekivanim vrijednostima ovih varijabli.

Jednadžba (1.2) je Phillipsova kivulja jer za dana očekivanja o razini cijena imamo pozitivnu vezu između inflacije i proizvodnje u kratkom roku. Izvod jednadžbe temelji se na monopolistički konkurentnim poduzećima koje postavljaju svoje nominalne cijene kako bi maksimizirali profit u skladu s ograničenjima na učestalost promjene cijena. Monopolističku konkurenciju karakteriziraju poduzeća koja nude međusobno slične proizvode ili usluge, ali ne i savršene supstitute. Kada kažemo ograničenja na učestalost u promjenama cijena mislimo na to da u svakom trenutku samo jedan dio poduzeća može promijeniti svoje cijene i one ostaju na toj razini određeni period. Općenito, postaviti neku jednadžbu ili pravilo za kretanje cijena poduzeća kroz vrijeme je vrlo kompleksno pitanje. Jednadžba (1.2) oslanja se na pravilo Guillerma Calva iz 1983. godine koje govori da u svakom danom trenutku poduzeće ima fiksnu vjerojatnost θ da neće mijenjati cijenu u tom periodu i $1 - \theta$ da će moći prilagoditi svoju cijenu. Yun (1996.) [15] također objašnjava Calvo način prilagodbe cijene. U svakom periodu ,kao što smo već rekli kada smo spomenuli ograničenja na učestalost u promjenama cijena, jedan dio poduzeća $1 - \theta$ mijenja svoju cijenu , a preostali dio θ mora naplatiti cijenu iz prethodnog perioda pomnoženu s prosječnom inflacijom, bez obzira na vrijeme koje je prošlo od prethodne promijene cijene, gdje je $0 \leq \theta < 1$. Napišimo potražnju za dobrima poduzeća kao $D_t(i) = \frac{P_i(t)}{P(t)}^{-\epsilon} D(t)$, gdje je $\epsilon > 1$ konstantna elastičnost supstitucije. Elastičnost supstitucije dobara je pokazatelj koji mjeri lakoću supstitucije jednog dobra drugim dobrom. D_t je broj jedinica tog dobra u periodu t, $D_t(i)$ je potražnja za dobrom i, $P_i(t)$ je cijena tog dobra postavljena od poduzeća i a P_t je indeks cijene za to dobro. Calvov način određivanja cijena i potonja jednadžba impliciraju da kada se nova cijena u trenutku t označi s P_t, indeks cijena se u svakom periodu t= 0,1,2,... mijenja tijekom vremena u rekurzivnom obliku: $P_t^{1-\epsilon} = (1-\theta)P_{t,t}^{1-\epsilon} + \theta\pi^{1-\epsilon}P_{t-1}^{1-\epsilon}$. Vratimo se sada na izvod iz [3]. Objasnili smo da postoji fiksna vjerojatnost $\theta \in [0,1)$ koja je jednaka vjerojatnosti da poduzeća neće mijenjati svoju cijenu u određenom periodu. Ta vjerojatnost je neovisna o vremenu koje je prošlo otkad je poduzeće zadnji put mijenjalo cijene. Prema tome, prosječno vrijeme koliko cijena ostaje nepromijenjena je $\frac{1}{1-\theta}$. Primjerice, za $\theta = 0.75$, cijene će ostati nepromijenjene godinu dana (4 kvartala). Izabrana cijena sada utječe na očekivanja o budućim cijenama kao i na diskontni faktor β. Parametar λ govori u kojoj mjeri inflacija ovisi o proizvodnom jazu i smanjuje se što su prisutnije nominalne rigridnosti. λ je manja što je veći θ, postotak nominalnih rigridnosti cijena. Podsjetimo se, nominalna rigridnost, poznata i pod nazivom ljepljivost plaća ili ljepljivost cijena situacija je kada je nominalna cijena odnosno nominalna plaća otporna na promjene. Kada pričamo o cijenama, to znači da se cijene koje se naplaćuju za određenu robu nerado mijenjaju unatoč promjenama u troškovima ili potražnji. Što duže cijene ostaju nepromijenjene, veći je parametar θ i manji parametar λ pa je inflacija manje osjetljiva na promjene u proizvodnom jazu.

Iteriranjem jednadžbe (1.2) dobivamo:

$$\pi_t = E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} \beta^{\tau}(\lambda x_{t+\tau} + u_{t+\tau}) \tag{1.4}$$

Inflacija ovisi o sadašnjim i budućim ekonomskim uvjetima. Poduzeća postavljaju svoje cijene kao odgovor na očekivane granične troškove. Granični trošak je trošak proizvodnje jedne dodatne jedinice dobra ili usluge. Varijabla x_{t+1} bilježi promjene u graničnim troškovima povezane s varijacijama u potražnji. Šok u_{t+1} bilježi sve ostalo što može utjecati na očekivane granične troškove.

Uzmimo nominalnu kamatnu stopu kao instrument monetarne politike. S prisutnim nominalnim rigridnostima, prilagođavanjem nominalne kamatne stope monetarna politika mijenja kratkoročnu realnu kamatnu stopu.
Iz [2] (str. 41) vidimo da se analiza stabilizacijskih politika često temelji na minimizaciji funkcije gubitka općenitog oblika:

$$L_t = E_t(\sum_{s=0}^{T}(1+\rho)^{-s}\sum_{i=1}^{N}\alpha_i(y_{t+s}^i - \overline{y}^i)^2) \tag{1.5}$$

gdje je $E_t(X)$ matematičko očekivanje od X u trenutrku t, y^i su varijable ekonomske politike (rast, inflacija, nezaposlenost ...), $\overline{y_i}$ njihove ciljne vrijednosti, α_i je ponder pridružen varijabli y^i, a $(1+\rho)$ je diskontni faktor. Funkcija gubitka je funkcija s kojom računamo kvadratno odstupanje varijabli od njihovih ciljanih vrijednosti. Cilj središnje banke je minimizirati vrijednost funkcije gubitka, odnosno minimizirati kvadratna odstupanja proizvodnog jaza i inflacije od ciljnih vrijednosti.
Funkcija gubitka uz suprotni predznak postaje funkcija cilja. Dobivamo ekvivalentno rješenje minimizacijom funkcije gubitka i maksimizacijom funkcije cilja. Prateći [3], mi ćemo riješiti problem maksimizacije. Dakle, funkcija cilja koju središnja banka želi maksimizirati je dana s:

$$MaxL_t = -\frac{1}{2}E_t(\sum_{\tau=0}^{\infty}\beta^{\tau}(\alpha x_{t+\tau}^2 + \pi_{t+\tau}^2)) \tag{1.6}$$

gdje je $\alpha > 0$ ponder koji govori kolika se prednost daje stabilizaciji proizvodnje u odnosu na inflaciju. Za ciljanu vrijednost proizvodnje obično se uzima potencijalna proizvodnja kako bi proizvodni jaz bio na nuli. Ciljana inflacija je ona koja održava stabilnost cijena i u ovoj analizi pretpostavljamo da je jednaka nuli. Kako proizvodni jaz i inflacija ne ovise o prošlim vrijednostima već samo o budućim, optimizacijski problem se može zapisati i kao:

$$MaxL_t = -\frac{1}{2}(\alpha x_t^2 + \pi_t^2) + F_t \tag{1.7}$$

uz ograničenje

$$\pi_t = \lambda x_t + f_t \tag{1.8}$$

gdje su

$$F_t = -\frac{1}{2}E_t(\sum_{\tau=0}^{\infty}\beta^{\tau}(\alpha x_{t+\tau}^2 + \pi_{t+\tau}^2) \tag{1.9}$$

i

$$f_t = \beta E_t \pi_{t+1} + u_t \tag{1.10}$$

Jednadžbe (1.9) i (1.10) su preformulirane jednadžbe maksimizacijske funkcije (1.6) i Phillipsove krivulje (1.2) kako bi se istaknulo da na buduću inflaciju i proizvodni jaz ne utječu današnje akcije te da središnja banka ne može direktno manipulirati očekivanjima. Kako bi dobili rješenje za x_t, prva derivacija po x funkcije (1.7) se izjednači s nulom, koraci su:

$$\frac{\partial L}{\partial x} = -\frac{1}{2}[2\alpha x_t + 2\pi_t\lambda] = 0$$
$$-[\alpha x_t + \pi_t\lambda] = 0$$
$$\alpha x_t + \pi_t\lambda = 0$$

Iz zadnjeg izraza slijedi da je $x_t = -\frac{\lambda}{\alpha}\pi_t$. Ovaj uvjet implicira da kada je inflacija iznad ciljane vrijednosti, središnja banka treba smanjiti potražnju (podizanjem kamatne stope) i obratno, kada je inflacija ispod ciljane vrijednosti. Koliko agresivno to treba raditi ovisi o parametrima λ i α, koji govore koliko smanjenje jedne jedinice inflacije utječe na proizvodni jaz.

Sada izraz za x_t uvrstimo u jednadžbu Phillipsove krivulje (1.2) i dobijemo:

$$\pi_t = -\frac{\lambda^2}{\alpha}\pi_t + \beta\pi_{t+1} + u_t$$

odnosno diferencijsku jednadžbu $-\beta\pi_{t+1} + \frac{\alpha+\lambda^2}{\alpha}\pi_t = u_t$ kojoj tražimo rješenje. Naveli smo da je inflacija AR(1) proces zbog čega vrijedi da je inflacija u vremenu t+1 jednaka inflaciji u vremenu t pomnoženoj s autoregresivnim koeficijentom ρ. Zbog toga slijedi:

$$-\beta\pi_t\rho + \frac{\alpha+\lambda^2}{\alpha}\pi_t = u_t$$
$$\pi_t(\frac{-\alpha\rho\beta+\alpha\lambda^2}{\alpha}) = u_t$$

odnosno možemo pisati:

$$\pi_t = \alpha q u_t, \;\; q = \frac{1}{\lambda^2 + \alpha(1-\beta\rho)} \tag{1.11}$$

što je optimalna vrijednost inflacije.
Kako bi dobili optimalnu vrijednost proizvodnog jaza potrebno je (1.11) uvrstiti u početni uvjet $x_t = -\frac{\lambda}{\alpha}\pi_t$:

$$x_t = -\frac{\lambda}{\alpha}\frac{\alpha}{\lambda^2+\alpha(1-\beta\rho)}$$
$$x_t = -\frac{\lambda}{\lambda^2+\alpha(1-\beta\rho)}u_t$$

pa dobivamo i jednadžbu za optimalni proizvodni jaz:

$$x_t = -\lambda q u_t, \;\; q = \frac{1}{\lambda^2 + \alpha(1-\beta\rho)} \tag{1.12}$$

Tražimo još optimalnu kamatnu stopu kao odgovor središnje banke. Kako bi dobili kamatnu stopu, potrebno je (1.12) uvrstiti u jednadžbu za IS krivulju (1.1). Pri tome treba voditi računa da vrijedi $Ex_{t+1} = x_{t+1}$ jer su očekivanja racionalna, u_t je autoregresivni proces i vrijedi $u_t = \rho u_{t-1} + \hat{u}_t$. Iz toga slijedi da je $x_{t+1} = -\lambda q\rho u_t$. Uvrstimo li dobivene vrijednosti za x_t i x_{t+1} u IS krivulju dobivamo:

$$-\lambda qu_t = -\phi(i_t - E_t\pi_{t+1}) - \lambda q\rho u_t + g_t$$
dijeljenjem s ϕ i prebacivanjem sve na jednu stranu osim i_t dobivamo
$$\frac{(1-\rho)\lambda qu_t}{\phi} + \frac{g_t}{\phi} + E_{\pi t+1} = i_t$$

Zapišimo prethodni izraz malo drugačije:

$$1)\ \pi_t = \alpha qu_t \to qu_t = \frac{\pi_t}{\alpha}\ ,\ 2)\ \pi_{t+1} = \rho\pi_t, E\pi_{t+1} = \rho\pi_t \to \pi_t = \frac{E\pi_{t+1}}{\rho}$$

iz 1) i 2) dobivamo $qu_t = \frac{E_t\pi_{t+1}}{\alpha\rho}$ i ako to uvrstimo u izraz $\frac{(1-\rho)\lambda qu_t}{\phi} + \frac{g_t}{\phi} + E_{\pi t+1} = i_t$, dobivamo:

$$(1 + \frac{(1-\rho)\lambda}{\phi\alpha\rho})E_t\pi_{t+1} + \frac{g_t}{\phi} = i_t$$

Supstitucijom $(1 + \frac{(1-\rho)\lambda}{\phi\alpha\rho}$) s $\gamma_\pi > 1$ dobivamo:

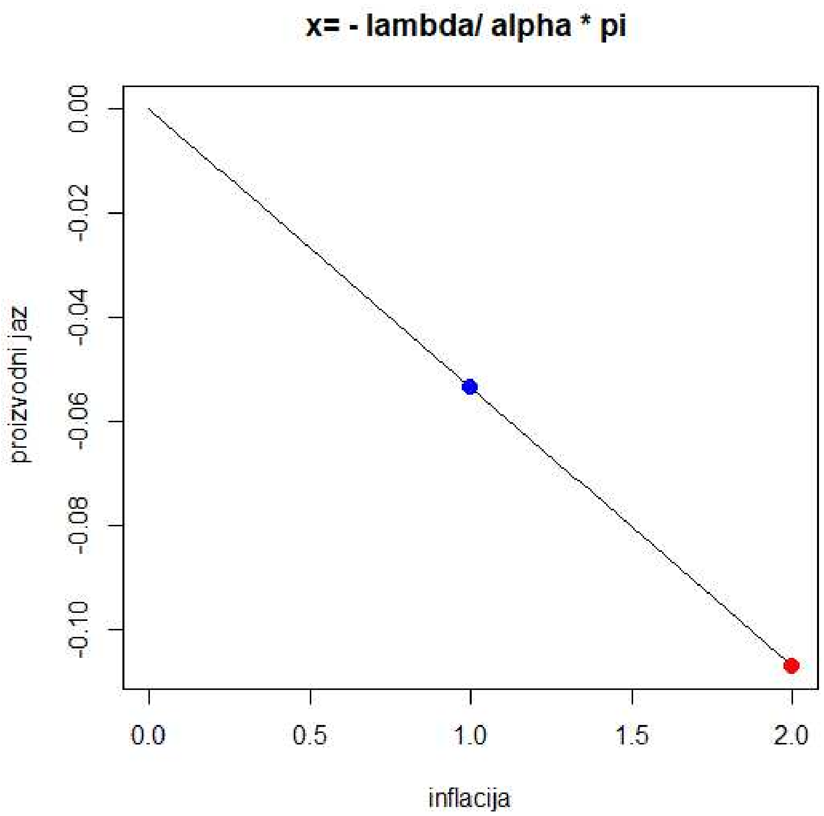
$$i_t = \gamma_\pi E_t\pi_{t+1} + \frac{1}{\phi}g_t \tag{1.13}$$

Iz (1.13) čitamo reakciju središnje banke - u slučaju kada inflacija naraste za 1 % iznad ciljane, središnja banka bi trebala povećati nominalnu kamatnu stopu za više od 1 % kako bi realna kamatna stopa porasla. Objasnimo što se događa na grafu gdje smo u statističkom programu R skicirali jednadžbu ovisnosti koju smo dobili u koracima kao rješenje za x_t iz maksimizacijske funkcije, $x_t = -\frac{\lambda}{\alpha}\pi_t$. Kako bi skicirali odnos između proizvodnog jaza i inflacije uzmimo da je $\lambda = 0.053$ i $\alpha = 0.99$.

Pretpostavimo da je inflacija na početku bila na razini od 1% i da je to ciljana razina inflacije (plava točka na slici (1.1.)) nakon čega je porasla na razinu od 2% (crvena točka). Sa slike (1.1) vidimo da kako bi spustila razinu inflacije, središnja banka bi trebala povećati proizvodnju s namjerom da smanji proizvodni jaz koji je, ponovimo, razlika između stvarne i potencijalne proizvodnje. U tom slučaju optimalna politika mora povećati realne kamatne stope kako bi smanjila proizvodni jaz (IS krivulja (1.1)) a time i inflaciju (Phillipsova krivulja (1.2)).

1.3 Nedostatci modela

U trenutku kada središnja banka određuje nominalnu kamatnu stopu - za koju tvrdimo da je glavni alat monetarne politike u modelu, često se događa da nema uvid u sve potrebne i točne informacije o stanju ekonomije ([3] , str. 1683.). Ako i ima pristup sadašnjim podacima, neke ključne varijable, kao što je na primjer prirodna razina proizvodnje, mogu se mjeriti se uz velike greške. Sa takvim nesavršenim informacijama, pravila za dostizanje ciljnih vrijednosti mogu se izraziti samo u terminima predviđajućih



Slika 1.1: Odnos inflacije i proizvodnog jaza

vrijednosti. Također, osim nesavršenosti informacija, bitno je spomenuti i konzervativnost središnje banke koja prilagođava kamatne stope u stvarnosti puno opreznije nego što to model predviđa. Taj se fenomen u ekonomiji naziva "izglađivanje" kamatnih stopa apelirajući na tendenciju središnje banke da ne odstupa puno od poznatih vrijednosti, iako bi model sugerirao drugačije. Izglađivanje kamatnih stopa možemo prikazati kroz jednadžbu danu u [[3], str 1687.]:

$$i_t = (1 - \rho)(\alpha + \beta\pi_t + \gamma x_t) + \rho i_{t-1} + \epsilon_t$$

gdje je α konstanta koju interpretiramo kao nominalnu kamatnu stopu u stacionarnom stanju , a $\rho \in [0, 1]$ parametar zaostale ovisnosti o kamatnoj stopi. Izglađivanje kamatne stope je prisutno u različitim aspektima. Prvo, procijenjeni koeficijenti uz proizvodni jaz i inflaciju, β i ρ, manji su nego što bi bili po pravilu optimalne kamatne stope. Također, imamo djelomičnu prilagodbu kamatne stope i_t na promjene π_t i x_t zbog koeficijenta $(1-\rho)$.

U literaturi [3], procijenjena vrijednost od ρ je obično oko 0.8,0.9 što sugerira vrlo spore prilagodbe u stvarnosti.

Proširenja modela

U kolovozu 2007., kada su se pojavili prvi znakovi da će tadašnja kriza postati najintezivnija globalna financijska kriza od Velike depresije, Novokeynesijanska paradigma bila je dominantna u makroekonomiji ([9]). Standardni Novokeynesijanski model ekonomije suočava se s izazovima nakon financijske krize 2008., 2009. godine koja je dovela ekonomiju u Europi i SAD-u do duboke recesije, nakon čega su uslijedili agresivni odgovori politike. Novokeynesijanski model funkcionirao je sve dok ekonomije navedenih zemalja nisu došle u stadij zamke likvidnosti. Zamci likvidnosti ćemo se posebno posvetiti u 3. poglavlju ovog rada, a ovdje je spominjemo samo kako bi shvatili zašto uopće želimo proširiti NK model i koje nedostatke tim proširenjem želimo pokriti. Za vrijeme financijske krize, s namjerom da stimulira ekonomiju, monetarna politika je smanjivala kratkoročne nominalne kamatne stope na razine blizu nule i na nulu, na kojoj su razini u Europi ostale i do danas. Kada konvencionalna monetarna politika više nije imala odgovora, pojavile su se nekonvencionalne monetarne politike [13]. Ovi pojmovi će postati jasni kada počnemo podobnije i detaljnije pričati o problemu zamke likvidnosti.
U idućem poglavlju predstavljamo jedno od proširenja - Bihevioralni novokeynesijanski model. BNK model je proširanje Novokeynesijanskog modela koje će dati izlaz upravo u prethodno navedenom slučaju, u slučaju zamke likvidnosti. Novokeynesijanski model u svojim predviđanjima oslanjao se na potpuno racionalne agente. U bihevioralnom modelu približavamo se stvarnom stanju ekonomije kada agenti nisu potpuno racionalni, a potrošači i tvrtke imaju problem s jasnom percepcijom budućih događaja. Model se izvodi iz prikazanog NK modela uz jedan krucijalni parametar koji će govoriti koliko loše agenti percipiraju budućnost, odnosno buduće poremećaje.

Poglavlje 2

Bihevioralni novokeynesijanski model

2.1 Promjene i usporedbe s racionalnim modelom

Snažnija fiskalna politika

Bihevioralni novokeynesijanski model izvodimo prateći članke [6] i [7].

U Novokeynesijanskom modelu agenti su rikardijanci te su potpuno racionalni i ne reagiraju na smanjenje poreza. To je pokazao Barro, 1976. godine u članku [1]. On se oslanja na model preklapajućih generacija, odnosno tvrdi da u svakom trenutku postoje dvije generacije, mladi (y - young) i stari (o - old) te da je u svakoj generaciji jednak broj ljudi N koji se ne razlikuju po produktivnosti i po preferencijama. Obje generacije rade, samo što mlađi zarađuju plaću w (dohodak). Prinos na financijsku imovinu je r, realna kamatna stopa. A_i^y je količina imovine koji drže mladi a A_i^o količina imovine koju drže stari u i-toj generaciji. Njihov zbroj je potražnja za imovinom u toj generaciji. Barro proučava što se dogodi kada država daje paušalne transfere $B > 0$ prema potrošačima. Zaključuje da raste ponuda imovine sa jedne strane jednadžbe, ali da potrošači štede sav novac koji dobiju kako bi platili buduća povećanja poreza za koja očekuju da će biti naplaćena kako bi država otplatila svoj dug. Pokušaji poticanja gospodarstva povećanjem državne potrošnje financirane dugom su osuđeni na neuspjeh jer potražnja ostaje nepromijenjena. Što je i definicija Ricardove ekvivalencije razvijene od strane Davida Ricarda početkom 19. stoljeća. Teorija tvrdi da će potrošači uštedjeti sav novac koji dobiju od paušalnih transfera kako bi platili buduća povećanja poreza za koja očekuju da će biti naplaćena kako bi država otplatila dug. U Bihevioralnom modelu agenti nisu rikardijanci jer ne mogu savršeno percipirati buduće poreze i zato na smanjenje poreza reagiraju većom potrošnjom. Kao rezultat, može se proučavati međuzavisnost između monetarne i fiskalne politike.

Modificirano Taylorovo pravilo

John Taylor (1993.) tvrdio je da se monetarna politika u SAD-u može opisati sljedećim pravilom kamatne stope $i_t = .04 + 1.5(\pi_t - .02) + .5(y_t - \overline{y_t})$. Napišimo to pravilo u općenitom obliku:

$$i_t = i_t^* + \phi_\pi(\pi_t - \pi^*) + \phi_y(y_t - z_t - x^*)$$

,gdje je, kao i do sada, i_t nominalna kamatna stopa, y_t log vrijednost realnog bruto domaćeg proizvoda, z_t potencijalna razina proizvodnje, i_t^* egzogeni stohastički proces , ϕ_π i ϕ_y pozitivne konstante a π^* i x^* ciljane vrijednosti za inflaciju i proizvodni jaz. U članku se navodi da u Novokeynesijanskom modelu postoji jedinstveno stacionarno rješenje jednadžbe, odnosno jedinstvena nominalna kamatna stopa koju središnja banka treba postaviti, ako i samo ako vrijedi $\phi_\pi + \frac{1-\beta}{\lambda}\phi_y > 1$, gdje je $\beta \in (0, 1)$ diskontni faktor iz Phillipsove jednadžbe (1.2), a λ parametar iz iste jednadžbe. Spomenuti uvjet ima jasnu interpretaciju - u slučaju kontinuiranog povećanja stope inflacije za k%, nominalna kamatna stopa trebala bi se povećati za više od k% [[14] str.2-4]. Kako je realna kamatna stopa razlika nominalne kamatne stope i inflacije, Taylorovo pravilo govori da rastom inflacije raste i realna kamatna stopa. Dakle, ako ne vrijedi uvjet $\phi_\pi + \frac{1-\beta}{\lambda}\phi_y > 1$ ili ako je monetarna politika pasivna (ako je $\phi_\pi = \phi_y = 0$), tada nemamo jedinstveno određeno rješenje za nominalnu kamatnu stopu koju bi središnja banka trebala postaviti već puno višestrukih ravnoteža koje ne daju jasno rješenje. U Bihevioralnom modelu postojati će jedinstvena ravnoteža i u slučaju pasivne monetarne politike (u slučaju $\phi_\pi = \phi_y = 0$) jer ćemo uz nužan i dovoljan uvjet koji osigurava postojanje jedinstvenog rješenja u NK modelu dodati i uvjet dovoljno jake ograničene racionalnosti koja vrijedi u Bihevioralnom modelu a u NK modelu je jednaka nuli. Ova modifikacija će postati ključna u trenutku kada budemo proučavali ekonomiju u uvjetima zamke likvidnosti.

Nulta kamatna stopa

Bihevioralni model biti će u stanju objasniti stabilnost i kada ekonomija dođe u zamku likvidnosti. U NK modelu, kada je ekonomija na nultoj nominalnoj kamatnoj stopi, Taylorovo pravilo je narušeno. Takva je situacija objašnjena u prethodnom pododjeljku - Modificirano Taylorovo pravilo, gdje smo rekli da ako imamo konstantnu kamatnu stopu (pasivnu monetarnu politiku), u ovom slučaju na nuli, ne postoji jedinstveno ravnotežno rješenje. Werning je 2012. godine pokazao u [13], a i mi ćemo se na to nadovezati kasnije u 3. poglavlju Zamka likvidnosti, da su u Novokeynesijanskom modelu depresije nastale zbog zamke likvidnosti neograničeno intezivne i teške za ekonomiju. U ovom modelu je zamka likvidnosti blaža, a depresije su umjerene i bliže stvarnosti (detaljno opisano u 3. poglavlju ovog rada).
Vidjeli smo u Novokeynesijanskom modelu da očekivanja vezana uz buduće kamatne stope

snažno utječu i na gospodarstvo danas. Šok u kamatnoj stopi zbog kojeg gospodarstvo dostiže nultu vrijednost nominalne kamatne stope inducira snažnu recesiju i depresiju. Međutim, recesija se može u potpunosti umanjiti ako se središnja banka od samog početka može obvezati da drži kamatne stope na nultoj donjoj granici jedan određeni vremenski period bez obzira što nalaže pravilo optimalne kamatne stope [12]. Buduće smjernice su nekonvencionalni instrument monetarne politike i podrazumijevaju određenu transparentnost središnje banke o stanju gospodarstva i o planovima o budućem tijeku monetarne politike. Buduće smjernice imaju manji utjecaj u Bihevioralnom nego u racionalnom modelu. Razlog zbog kojeg su imale toliki utjecaj na model izveden u prvom poglavlju je to što su tradicionalni potrošači poštovali Eulerovu jednadžbu (objašnjenu u poglavlju 1.2. pri izvođenju Novokeynesijanske IS krivulje) i očekivali od ostalih agenata da će činiti isto, tako da su promjene kamatnih stopa daleko u budućnosti imale veliki utjecaj na sadašnjost i sadašnju potrošnju (sjetimo se jednadžbe za potrošnju iz Eulerove jednadžbe $y_t - e_t = \phi(i_t - E_T\pi_{t+1}) + E_t(y_{t+1} - e_{t+1})$). Međutim, bihevioralni agenti i potrošači su "kratkovidni", što čini buduće smjernice puno slabijim alatom.

Optimalna politika

Optimalna monetarna politika mijenja se kvalitativno. Kod racionalnih tvrtki, optimalna politika opredjeljenja podrazumijevala je ciljane razine cijena odnosno ciljani nominalni bruto društveni proizvod. Objasnimo ukratko razliku između politike bez opredjeljenja i politike opredjeljenja prateći [3]. U oba slučaja, cilj monetarne politike središnje banke je maksimizirati funkciju cilja (1.6) koju smo izveli kada smo uvodili Novokeynesijanski model : $MaxL_t = -\frac{1}{2}E_t(\sum_{\tau=0}^{\infty}\beta^{\tau}(\alpha x_{t+\tau}^2 + \pi_{t+\tau}^2))$, uz $\pi_t = \lambda x_t + \beta E_t\pi_{t+1} + u_t$ (1.2). Kako bi pronašli maksimum koristimo formulaciju matematičara J.Lagrangea koji govori da ako želimo naći maksimum neke funkcije f(x) (u ovom slučaju funkcija cilja središnje banke (1.6)), tražimo stacionarne točke Langrangeove funkcije $f(x) - \alpha g(x)$, za g(x) neku funkciju za koju vrijedi da je g(x)= 0 konstanta za svaki x i za α koji se naziva Lagrangeov multiplikator. Ako stavimo g(x) = $\pi_t - \lambda x_t - \beta E_t\pi_{t+1} - u_t$ (jednadžba (1.2) izjednačena s nulom) i $\alpha = \phi_{t+1}$ koje označava ograničenje pri promjeni cijena u NK modelu, iz [3] računajući derivacije po x i π dobivamo rješenje:

$$x_{t+i} - x_{t+i-1} = -\frac{\lambda}{\alpha}\pi_{t+i} \text{ , za i= 1,2,3..}$$

Sjetimo se da je u politici bez opredjeljenja središnja banka prilagođavala proizvodni jaz kao odgovor na promjene u inflaciji ($x_t = -\frac{\lambda}{\alpha}\pi_t$). Optimalna politika opredjeljenja umjesto toga zahtjeva prilagodbu promjene proizvodnog jaza kao odgovor na promjene u inflaciji. Tada x_{t+i} većinski ovisi o x_{t+i-1} i središnja banka u politici opredjeljenja može manipulirati očekivanjima privatnog sektora. Kako bi to vidjeli pogledajmo što se događa nakon šoka u proizvodnji u NK modelu. U slučaju politike bez opredjeljenja rekli smo da kako bi spustila razinu inflacije, središnja banka treba povećati proizvodnju s ciljem da smanji proizvodni jaz ali nakon šoka vratiti proizvodni jaz na početnu razinu. Optimalna politika opredjeljenja nastavlja smanjivati proizvodni jaz sve dok je inflacija iznad ciljanje vrijednosti. Očekivanja da će se proizvodni jaz smanjivati još više u budućnosti djeluju na smanjivanje inflacije jer znamo da inflacija pozitivno ovisi o budućem i sadašnjem proizvodnom jazu. Kod bihevioralnih poduzeća, ciljane razine cijena i ciljani bruto društveni proizvod biti će nepoželjni. Razlog zašto u bihevioralnom modelu središnja banka nema puno prednosti od politike opredjeljenja i ciljanih vrijednosti varijabli je ponovno u tome što poduzeća nisu potpuno racionalna i ne mogu jasno percipirati budućnost pa se njihovim očekivanjima teže može upravljati.

Neofisherijanski paradoksi iščezavaju

Neofisherijanski paradoks je u tome da trajni rast u kamatnim stopama vodi do rasta u inflaciji. U izvedenom NK modelu u prvom poglavlju, rast kamatnih stopa snižava proizvodni jaz, a time i inflaciju (jednadžbe (1.1) i (1.2)) ([10]). Paradoks uvodi ekonomist Irving Fisher tvrdeći da je dugoročna realna kamatna stopa neovisna o monetarnoj politici, odnosno o promjenama u nominalnoj kamatnoj stopi i u očekivanoj inflaciji.
Objasnimo Fisherovu hipotezu:
Fisher uvodi aproksimativnu relaciju između nominalne i realne kamatne stope koja se njemu u čast u ekonomiji naziva Fisherova jednadžba , $r = i - \pi^e$.
Realna kamatna stopa je jednaka razlici nominalne kamatne stope i očekivane inflacije. Fisher tvrdi da je realna kamatna stopa konstantna, a jedino što se mijenja su nominalna kamatna stopa i očekivana inflacija. Kao odgovor na rast u očekivanoj inflaciji raste nominalna kamatna stopa, u odnosu jedan naprema jedan, kako bi realna kamatna stopa ostala konstantna. Promjene u monetarnoj politici ne utječu na realne varijable i to zovemo neofisherijanska neutralnost. U Bihevioralnom modelu imat ćemo novokenesijanski model u kratkom i neofisherijanski u dugom roku. Trajni rast nominalne kamatne stope uzrokuje pad inflacije u kratkom roku (Keynesijanski efekt, jednadžbe (1.1) i (1.2)) i rast inflacije u dugom roku (neofisherijanska neutralnost).

2.2 IS krivulja i Phillipsova krivulja

2.2.1 Izvođenje IS krivulje

Objektivna stvarnost

Pretpostavimo da imamo agenta čija je funkcija korisnosti:

$$U = E \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t u(c_t, N_t) \tag{2.1}$$

gdje su :
c_t = potrošnja u trenutku t
N_t = ponuda rada u trenutku t
Agentova funkcija korisnosti je zbroj očekivanih diskontiranih funkcija korisnosti koje ovise o agentovoj potrošnji i ponudi rada.
Njegovo realno financijsko bogatstvo u trenutku $t + 1$ je:

$$k_{t+1} = (1 + r_t)(k_t - c_t + y_t) \tag{2.2}$$

gdje je r_t realna kamatna stopa, a $y_t = \omega N_t + y_t^f$ agentova zarada (zbroj zarade od rada - umnožak nadnice ω i ponude rada te profita od poduzeća y_t^f).
Problem je maksimizirati funkciju korisnosti.
Neka je X_t vektor stanja koji obuhvaća produktivnost i najavljene aktivnosti monetarne i fiskalne politike koji će u ravnoteži zadovoljavati:

$$X_{t+1} = G^X(X_t, \epsilon_{t+1}) \tag{2.3}$$

gdje je G^X ravnotežna funkcija prijelaza, funkcija koja opisuje prijelaz iz vektora stanja X u trenutku t u vektor stanja X u trenutku t+1. Ovisi o vektoru stanja X u trenutku t i o ϵ_{t+1}, varijabli inovacija s očekivanjem nula, za sve $t \geq 0$.
Nadalje, neka su:
$r_t = \overline{r} + \hat{r}_t$, $y_t = \overline{y} + \hat{y}_t$,
tako da su $\overline{r}$ i $\overline{y}$ vrijednosti u stacionarnom stanju, a $\hat{r}$ i $\hat{y}$ funkcije vektora stanja X_t.
Stacionarno stanje je u [6] definirano kada je produktivnost $\zeta_t = 0$, odnosno $c_t = e^{\zeta_t} N_t = N_t$.
Tada su kamatna stopa, dohodak, realna plaća, potrošnja i ponuda rada na svojim stacionarnim vrijednostima, redom: $\overline{r}, \overline{y}, \overline{w}, \overline{c}, \overline{N}$.

Kretanje financijskog bogatstva se sada može napisati kao:

$$k_{t+1} = G^k(c_t, N_t, k_t, X_t) = (1 + \overline{r} + \hat{r}(X_t))(k_t + \overline{y} + \hat{y}(N_t, X_t) - c_t) \tag{2.4}$$

Uz pretpostavku da X_t ima očekivanje nula, linearizacijom (2.4) dobivamo:

$$X_{t+1} = \Gamma X_t + \epsilon_{t+1} \tag{2.5}$$

za neku matricu Γ.
Analogno,

$$\hat{r}(X) = b_X^r X, \text{ za neki faktor } b_X^r$$

Izvor Propozicija, Lema i Teorema u ovom poglavlju je [6].

Percipirana stvarnost bihevioralnog agenta

Propozicija 2.2.1 (Kognitivno diskontiranje stacionarnog vektora)**.**
Bihevioralni agent opaža vektor stanja kao:

$$X_{t+1} = \overline{m} G^X(X_t, \epsilon_{t+1}) \tag{2.6}$$

gdje je $\overline{m} \in [0, 1]$ *parametar kognitivnog diskontiranja koji mjeri pažnju u budućnosti.*

Linearizacijom (2.6) uz (2.5) i dodavanjem očekivanja dobivamo $E_t^{BR}[X_{t+1}] = \overline{m}\Gamma X_t$, a iteriranjem:

$$E_t^{BR}[X_{t+k}] = \overline{m}^k E_t[X_{t+k}] \tag{2.7}$$

gdje je $E_t^{BR}[X_{t+k}]$ subjektivno očekivanje bihevioralnog agenta, a $E_t[X_{t+k}]$ racionalno očekivanje. Što su događaji u daljoj budućnosti, to ih slabije bihevioralni agent može predvidjeti.

Lema 2.2.2 (Kognitivno diskontiranje svih varijabli)**.**
Za bilo koju varijablu $z(X_t)$ tako da vrijedi z(0)=0, za sve $k \geq 0$, uvjerenja bihevioralnog agenta zadovoljavaju:

$$E_t^{BR}[z(X_{t+k})] = \overline{m}^k E_t[z(X_{t+k})] \tag{2.8}$$

gdje je E_t^{BR} subjektivno (bihevioralno) očekivanje koje koristi krivo shvaćen zakon gibanja (2.6) *,a E_t je racinalno očekivanje sa zakonom gibanja* (2.3) .

Kao primjer , pogledajmo kako bihevioralni agent percipira kamatnu stopu za k vremenskih perioda u budućnosti:

$$E_t^{BR}[\overline{r} + \hat{r}(X_{t+k})] = \overline{r} + \overline{m}^k E_t[\hat{r}(X_{t+k})]$$

Stacionarnu kamatnu stopu $\overline{r}$ percipira kao i racionalni agent dok su devijacije od prosjeka $\hat{r}$ prigušene diskontim faktorom $\overline{m}^k$.

Bihevioralna IS krivulja

U prvom poglavlju izveli smo jednadžbu za racionalnu IS krivulju iz Eulerove jednadžbe koju smo zapisali na ovaj način: $\frac{c_{t+1}}{c_t} = \beta(1 + r_t)$.
Ako napišemo Eulerovu jednadžbu kao $E_t[\beta R_t(\frac{c_{t+1}}{c_t})^{-\gamma}] = 1$ uz $R_t = r_t + 1$ i $\hat{r}_t^{NK} = \hat{r}_t/R$, gdje smo s $\hat{r}_t^{NK}$ označili vrijednost $\hat{r}_t$ na način kako je izvedena u prvom poglavlju, linearizacijom za racionalnog agenta dobivamo:

$$\hat{c}_t = E_t[\hat{c}_{t+1}] - \frac{1}{\gamma R}\hat{r}_t \tag{2.9}$$

Slijedeći postupak bihevioralno diskontiranja opisan u odjeljku Percipirana stvarnost bihevioralnog agenta dobivamo jednadžbu:

$$\hat{c}_t(X_t) = E_t^{BR}[\hat{c}(X_{t+1})] - \tfrac{1}{\gamma R}\hat{r}_t$$

Sada iz Leme 2.2.2 imamo $E_t^{BR}[\hat{c}(X_{t+1})] = \overline{m}E_t[\hat{c}(X_{t+1})]$ iz čega dobivamo diskontirano agregatnu Eulerovu jednadžbu:

$$\hat{c}_t = ME_t[\hat{c}_{t+1}] - \sigma\hat{r}_t \tag{2.10}$$

uz $\overline{m} = M$ makro parametar pažnje i $\sigma = \frac{1}{\gamma R}$.

Da bi dobili bihevioralnu IS krivulju, moramo (2.10) povezati s proizvodnim jazom. Uočimo da jednadžba (2.10) mora vrijediti i u "prirodnom" stanju ekonomije. c_t^n i r_t^n su prirodna stopa proizvodnje i kamatna stopa, koje vrijede kada bi uklonili "trenje" pri određivanju cijena. Neka su $\hat{c}_t{}^n$ i $\hat{r}_t{}^n$ definirane tako da označavaju devijacije prirodnih stopa od stacionarnog stanja : $\hat{c}_t{}^n = c_t^n - \overline{c}$ i $\hat{r}_t{}^n = r_t^n - \overline{r}$. Sada možemo jednadžbu (2.10) zapisati u terminima devijacija od prirodnih stanja:

$$\hat{c}_t{}^n = ME_t[\hat{c}_{t+1}^n] - \sigma\hat{r}_t^n \tag{2.11}$$

Konačno , proizvodni jaz je $x_t := \hat{c}_t - \hat{c}_t^n$ pa oduzimajući (2.10) od (2.10) dobivamo:

$$x_t = ME_t[x_{t+1}] - \sigma(\hat{r}_t - \hat{r}_t^n) \tag{2.12}$$

gdje je $\hat{r}_t - \hat{r}_t^n = (r_t - \overline{r}) - (r_t^n - \overline{r}) = i_t - E_t[\pi_{t+1}] - r_t^n$, uz i_t nominalna kamatna stopa ($\overline{r}$ i $-\overline{r}$ se pokrate, a realna kamatna stopa r_t je razlika nominalne kamatne stope i očekivane inflacije).

Propozicija 2.2.3 (Diskontirana Eulerova jednadžba)**.**
Pretpostavimo najjednostavniji model koji podrazumijeva samo kognitivno diskontiranje $\overline{m}$. U ravnoteži , jednadžba za proizvodni jaz je :

$$x_t = ME_t[x_{t+1}] - \sigma(i_t - E_t[\pi_{t+1}] - r_t^n) \quad (2.13)$$

gdje je $M = \overline{m} \in [0, 1]$ makro parametar pozornosti (u racionalnom modelu je M=1) i $\sigma := \frac{1}{\gamma R}$

Bihevioralna IS krivulja (2.12) implicira:

$$x_t = -\sigma \sum_{k\geq 0} M^k E_t[\hat{r_{t+k}} - \hat{r}^n_{t+k}]$$

Za razliku od tradicionalnog NK modela (M=1), u kojem promjena danas i promjena u dalekoj budućnosti u realnoj kamatnoj stopi $\hat{r}_{t+k}$ imaju jednaki utjecaj na proizvodni jaz, uvođenjem parametra $M < 1$ u bihevioralnom modelu, promjena realne kamatne stope u budućnosti ima puno manji utjecaj na sadašnji proizvodni jaz nego sadašnja promjena kamatne stope.

2.2.2 Phillipsova krivulja sa bihevioralnim poduzećima

U ovom odjeljku koncentrirati ćemo se na pitanje kako izgleda Phillipsova krivulja izvedena u Novokeynesijaskom modelu kada poduzeća ne obraćaju potpunu pozornost na buduće makroekonomske varijable kao što je to bio slučaj s kućanstvima pri izvođenju IS krivulje.
Poduzeća su tipa Dixit-Stiglitz. Gospodarstvo sadrži beskonačno difenciranih proizvoda koja proizvode monopolistički konkurentna poduzeća (objašnjeno što su monopolistički konkurentna poduzeća u 1. Poglavlju pri izvođenju Novokeynesijanske Phillipsove krivulje). Diferencirana dobra se agregiraju da bi proizvelo jedno složeno dobro u kojem korisnost potrošača ovisi samo o količini tog složenog dobra. Funkcija potražnje s kojom se suočava svako poduzeće izvedena je specificiranjem agregatora za diferencirana dobra. U Dixit-Stiglitz modelu (iz 1977.) agregator je prikazan kao:

$$D_t = (\int_0^1 D_t(i)^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} di)^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}}$$

gdje je $\epsilon > 1$, D_t je broj jedinica složenog dobra u trenutku t, $D_t(i)$ je potražnja za dobrom, $P_t(i)$ cijena dobra i postavljena od strane poduzeća i ,a P_t je indeks cijene složenog dobra. Kao i u prvom poglavlju kada smo objasnili Calvov princip pri određivanju cijena, potražnja za dobrima poduzeća dobiva oblik:

$$D_t(i) = (P_t(i)/P_t)^{-\epsilon} D_t$$

[[15], objašnjenje Dixit-Stiglitz, 350.-351. str.]

Vratimo se na [6]. Konkurentno finalno dobro se proizvodi u količini D_t tako da je postavljena cijena:

$$P_t = (\int_0^1 P_{it}^{1-\epsilon} di)^{\frac{1}{1-\epsilon}} \tag{2.14}$$

Poduzeća imaju Calvo cjenovnu frikciju što znači da je u svakom periodu vjerojatnost promjene cijene $1-\theta$, što je bio slučaj i u NK modelu gdje smo dali objašnjenje kako to funkcionira (Poglavlje 1.2 pri izvođenju Novokeynesijanske Phillipsove krivulje).

Objektivna stvarnost

Pretpostavimo da imamo neko poduzeće. Neka je $q_{i\tau} = \ln \frac{P_{i\tau}}{P_\tau} = p_{i\tau} - p_\tau$ njegova realna log-cijena u trenutku τ. Realna log- cijena u trenutku τ je razlika cijene postavljene od strane tog poduzeća u trenutku τ i indeksa cijene za to dobro u trenutku τ.
Tada je realni profit poduzeća i $v_\tau = (\frac{P_{i\tau}}{P_\tau} - MC_\tau)(\frac{P_{i\tau}}{P_\tau}^{-\epsilon} c_\tau)$, gdje je $(\frac{P_{i\tau}}{P_\tau}^{-\epsilon} c_\tau)$ ukupna potražnja za dobrima poduzeća, c_τ agregatna potrošnja i MC_τ realni granični trošak odnosno trošak proizvodnje jedne dodatne jedinice dobra.
v_τ je profit poduzeća bez paušalnih poreza i jednak je izrazu:

$$v(q_{i\tau}, \mu_\tau, c_\tau) = (e^{q_{i\tau}} - (1-\tau_f)e^{-\mu_\tau})e^{-\epsilon q_{i\tau}} c_\tau \tag{2.15}$$

gdje je $(1-\tau_f)e^{-\mu_\tau} = MC_\tau$ realni granični trošak, a $-\mu_\tau = lnw_\tau - \zeta_\tau$ društveni realni granični trošak.

Neka je sada $\mathbf{X}_\tau$ prošireni vektor stanja $\mathbf{X}_\tau = (X_\tau^M, \pi_\tau)$ gdje je $\pi_\tau := p_\tau - p_t = \pi_{t+1} + ... + \pi_\tau$ inflacija između vremena t i τ, a $\mathbf{X}_\tau^M$ vektor makroekonomskih varijabli.
Ako poduzeće nije mijenjalo svoje cijene između vremena t i τ, njegova realna cijena je $q_{i\tau} = q_{it} - \pi_\tau$, te je profit u trenutku τ :

$$v^{rat}(q_{i\tau}, \mathbf{X}_\tau) = v(q_{i\tau} - \pi(\mathbf{X}_\tau), \mu(\mathbf{X}_\tau), c(\mathbf{X}_\tau)) \tag{2.16}$$

gdje je $\pi_\tau := \pi(\mathbf{X}_\tau)$ agregatna buduća inflacija , analogno i za μ i c. Kada poduzeće mijenja svoju cijenu u trenutku t, to radi tako da izabire optimalnu realnu cijenu q_{it} s ciljem maksimizacije funkcije profita:

$$E_t \sum_{\tau=t}^{\infty} (\beta\theta)^{\tau-t} \frac{c(\mathbf{X}_\tau)^{-\lambda}}{c(\mathbf{X}_t)^{-\lambda}} v^{rat}(q_{it}, \mathbf{X}_\tau) \tag{2.17}$$

gdje je $\frac{c(\mathbf{X}_\tau)^{-\gamma}}{c(\mathbf{X}_t)^{-\gamma}}$ prilagodba u stohastičkom diskontnom faktoru između vremena t i τ, u [6] se navodi da vrijedi $\frac{c(\mathbf{X}_\tau)^{-\gamma}}{c(\mathbf{X}_t)^{-\gamma}} \simeq 1$ kada se linearizira oko determinističkog stacionarnog stanja.

Percipirana stvarnost bihevioralnih poduzeća

Bihevioralno poduzeće percipira budućnost putem mehanizma kognitivnog diskontiranja. Preciznije, u trenutku t poduzeće percipira svoj budući profit u $\tau \geq t$ kao:

$$v^{BR}(q_{i\tau}, \mathbf{X}_\tau) = v(q_{i\tau} - m_\pi^f \pi(\mathbf{X}_\tau), m_x^f \mu(\mathbf{X}_\tau), c(\mathbf{X}_\tau)) \tag{2.18}$$

sa v definiranim kao u (2.15).
Jednadžba (2.18) govori da, kada poduzeće simulira budućnost, vidi samo dio m_π^f buduće inflacije $\pi(\mathbf{X}_\tau)$ te dio m_x^f budućih graničnih troškova $\mu(\mathbf{X}_\tau)$. Kada su ti parametri jednaki jedan dobivamo tradicionalno racionalno poduzeće iz Novokeynesijanskog modela.
Ključni je parametar $\overline{m}$ dok parametre m_π^f i m_π^f možemo smatrati opcionalnim obogaćenjima modela.
Cilj je pronaći optimalnu realnu razinu cijena q_{it} tako da se maksimizira funkcija korisnosti:

$$E_t^{BR} \sum_{\tau=t}^{\infty} (\beta\theta)^{\tau-t} \frac{c(\mathbf{X}_\tau)^{-\gamma}}{c(\mathbf{X}_t)^{-\gamma}} v^{BR}(q_{it}, \mathbf{X}_\tau) \tag{2.19}$$

Nominalna cijena koju odabire poduzeće i biti će $p_t^* = q_{it} + p_t$ i njenu vrijednost dobivamo u sljedećoj Lemi. Izvor iduće Leme i Propozicija je [6].

Lema 2.2.4 (Optimalna cijena za bihevioralno poduzeće koje prilagođava svoju cijenu)**.** *Bihevioralno poduzeće u vremenu t prilagođava svoju cijenu na vrijednost p_t^* koja je jednaka:*

$$p_t^* = p_t + (1 - \beta\theta) \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta\overline{m})^k E_t[m_\pi^f(\pi_{t+1} + ... + \pi_{t+k}) - m_x^f \mu_{t+k}] \tag{2.20}$$

gdje m_π^f i m_π^f parametriziraju pozornost prema budućoj inflaciji i makoekonomskim poremećajima, a $\overline{m}$ je sveobuhvatni faktor kognitivnog diskontiranja.

Philliphsova krivulja

Sljedeći implikacije iz (2.20) dobivamo ključnu propoziciju o Phillipsovoj krivulji.

Propozicija 2.2.5 (Phillipsova krivulja s bihevioralnim poduzećima)**.**
Kada su poduzeća djelomično krakovidna, Phillipsova krivulja dobiva sljedeći oblik:

$$\pi_t = \beta M^f E_t \pi_{t+1} + \lambda x_t \tag{2.21}$$

gdje je $M^f := \overline{m}(\theta + \frac{1-\beta\theta}{1-\beta\theta\overline{m}} m_\pi^f (1-\theta))$ i $\lambda = \overline{\lambda} m_x^f$, a $\overline{\lambda}$ je vrijednost λ u tradicionalnom modelu sa potpunom pozornosti prema budućnosti.
Agregatna inflacija je više usmjerena prema budućnosti (M^f je viši) ako su cijene "ljepljive" duži vremenski period (θ je veća) i ako su poduzeća pažljivija prema budućnosti

(m_x^f i $\overline{m}$ bliže 1) . Kada su $m_\pi^f = m_x^f = \overline{m} = 1$ imamo tradicionalni model te slijedi da je i $M^f = 1$.

U tradicionalnom NK modelu, koeficijent uz buduću očekivanu inflacju je samo β i ne ovisi o vjerojatnosti prilagodbe/neprilagodbe cijena u tom periodu (θ), za razliku od bihevioralnog modela kod kojeg koeficijent ovisi o učestalosti prilagodbe cijena i ta modifikacija je puno bliža stvarnosti.
Za kraj ovog odjeljka koji se koncentrirao na izvođenje Phillipsove krivulje napomenimo da su poduzeća racionalna kao i u tradicionalnom modelu kada su varijable u stabilnom stanju. Kada se dogode devijacije od stacionarnog stanja, poduzeća postanu djelomično kratkovidna i ne percipiraju budućnost točno.

2.2.3 Model

Sljedeća propozicija spaja sve rezultate koje smo dobili i govori kako izgleda Bihevioralni novokeynesijanski model.

Propozicija 2.2.6 (Bihevioralni novokeynesijanski model)**.**
Bihevioralna verzija novokeynesijanskog modela za proizvodni jaz x_t i inflaciju π_t je :

$$x_t = ME_t[x_{t+1}] - \sigma(i_t - E_t[\pi_{t+1}] - r_t^n) \;\; (IS\ krivulja) \tag{2.22}$$

$$\pi_t = \beta M^f E_t \pi_{t+1} + \lambda x_t \;\; (Philliphsova\ krivulja) \tag{2.23}$$

gdje su M, M^f makro-pozornosti potrošača odnosno poduzeća tako da vrijedi

$$M = \frac{\overline{m}}{R - rm_Y}, \quad \sigma = \frac{m_r}{\gamma R(R - rm_Y)} \tag{2.24}$$

$$M^f = \overline{m}(\theta + \frac{1-\beta}{1-\beta\theta\overline{m}} m_\pi^f(1-\theta)), \quad \lambda = \overline{\lambda} m_x^f \tag{2.25}$$

Zbog ograničene racionalnosti, agenti nisu Rikardijanci pa je fiskalna politika stimulativna, proračunski deficit privremeno povećava ekonomsku aktivnost i IS krivulja dobiva sljedeći oblik $x_t = ME_t[x_{t+1}] + b_d d_t - \sigma(i_t - E_t[\pi_{t+1}] - r_t^{n0})$. U nastavku ćemo pisati ovu jednadžbu tako da ćemo reći da vrijedi bihevioralna IS krivulja (2.22) *ali sa modificiranom prirodnom kamatnom stopom koja bilježi stimulativan utjecaj deficita:*

$$r_t^n = r_t^{n0} + \frac{b_d}{\sigma} d_t \tag{2.26}$$

gdje je r_t^{n0} kamatna stopa u uvjetima bez cjenovnih frikcija , $b_d = \frac{\psi m_y rR(1-\overline{m}}{(\psi+\gamma)(R-m_Y r)(R-\overline{m})} \geq 0$ utjecaj gubitaka i d_t budžetski deficit.

U tradicionalnom modelu vrijedi $\overline{m} = m_Y = m_r = m_\pi^f = m_x^f = 1$, $M = M^f = 1$, $b_d = 0$ *i* $\overline{\lambda} = (\frac{1}{\theta} - 1)(1 - \beta\theta)(\gamma + \phi)$.

Vrijednosti sa iduće dvije slike preuzeli smo iz izvora [6].

Makro pozornosti potrošača i poduzeća	M=0.85, M^f = 0.79
Osjetljivost na kamatnu stopu	σ=0.2
Nagib Phillipsove krivulje	λ=0.053
Stopa vremenske preferecije	β=0.99
Devijacija od rikardijanske ekvivalencije	b_d = 0.0048

Slika 2.1: Vrijednosti ključnih parametara

Slika (2.1) prikazuje koeficijente korištene u modelu, odnosno glavne statistike modela.

Koeficijent relativne averzije prema riziku	Y=1
Inverz Frischove elastičnosti*	Φ=1
Vjerojatnost promjene cijene	Θ=0.7
Elastičnost potražnje	Ɛ=5.3
Kognitivno diskontiranje	m=0.85
Potrošačeva pozornost prema dohotku i kamatnim stopama	m_y = 1, m_r =0.2
Pozornost prema inflaciji i budućim marginalnim troškovima od strane poduzeća	m_π^f =1, m_x^f =0.2

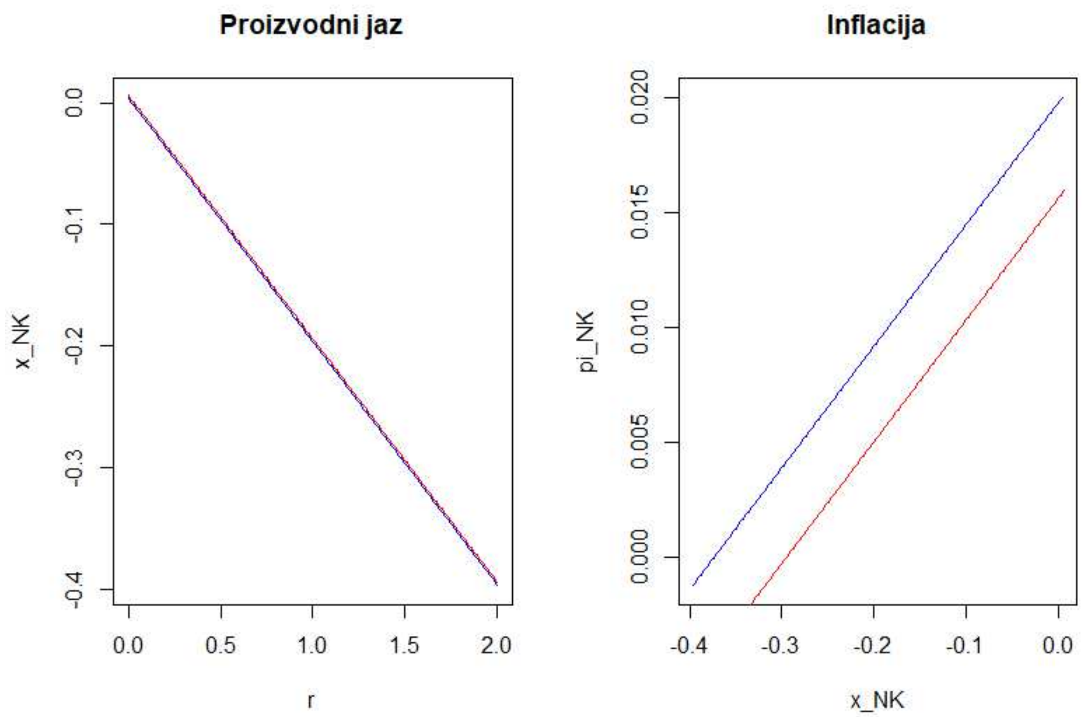
Slika 2.2: Pomoćni parametri

*Frischova elastičnost ponude rada bilježi elastičnost radnih sati u odnosu na dobivenu plaću. Elastičnost u ekonomiji mjeri osjetljivost jedne varijable na drugu, odnosno to je broj koji pokazuje za koliko će se postotaka promijeniti jedna varijabla ako druga varijabla poraste za 1%.

Slika (2.2) pokazuje parametre korištene u modelu da bi se generirali parametri sa Slike (2.1). Zovemo ih pomoćni jer su bitni samo u smislu kako djeluju na dovoljne statistike prikazane na prethodnoj slici. Na primjer, vrijednost $\lambda = (\frac{1}{\theta})(1 - \beta\theta)(\gamma + \phi)m_x^f$ može doći od različitih kombinacija θ, γ, ϕ. Vrijednosti su konzistentne i sa tradicionalnim modelom.

Pogledajmo sada jedan primjer. Pretpostavimo najjednostavniji slučaj za analizu - očekivani

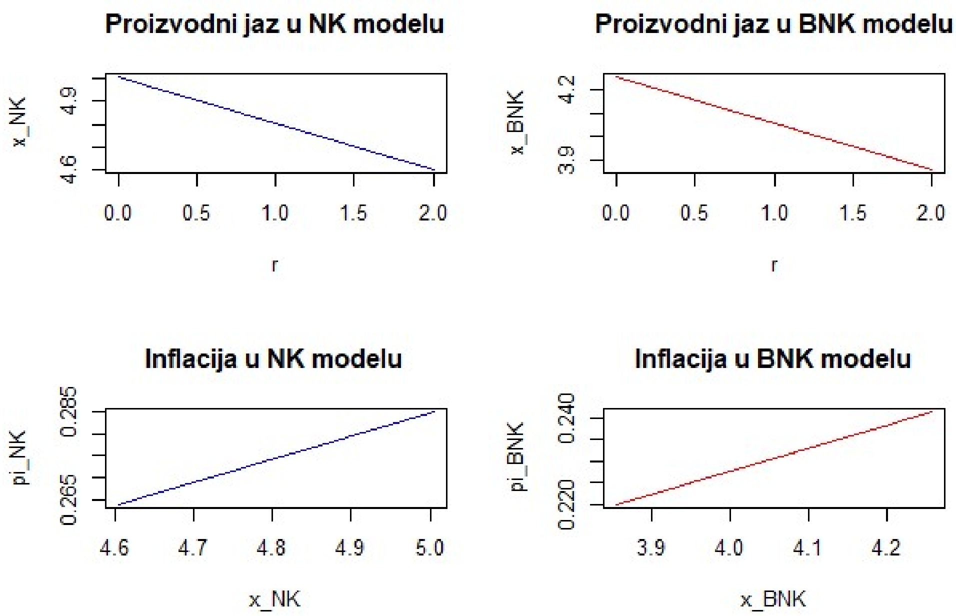
proizvodni jaz je na nuli, očekivana inflacija je 2% i nemamo šokova u potražnji ni u ponudi (g_t i u_t ulaze u jednadžbe s nulom). Pretpostavimo da je prirodna kamatna stopa r_t^n jednaka 1.2%. Parametri u jednadžbama imaju vrijednosti kao na prethodnim slikama. Napominjem kako su ovo izmišljeni podaci autorice i služiti će samo kako bi vidjeli usporedbu IS krivulje i Phillipsove krivulje u prethodno izvedena dva modela. Nominalna kamatna stopa je alat monetarne politike središnje banke.
Iduće dvije slike uradili smo u statističkom programu R.



Slika 2.3: Proizvodni jaz i inflacija u NK i BNK modelu kada je očekivani proizvodni jaz na nuli.

Na slici (2.3) vidimo kako se mijenjaju proizvodni jaz i inflacija u NK i BNK modelu variranjem nominalne kamatne stope. Vrijednosti u NK modelu prikazane su plavom, dok su vrijednosti u BNK modelu prikazane crvenom bojom. Kada je očekivani proizvodni jaz na nuli , razine proizvodnog jaza u NK i BNK modelu su skoro jednake. Inflacija je manja u BNK modelu zbog toga što očekivana inflacija ulazi u Phillipsovu krivulju s manjim ponderom zbog bihevioralnog faktora M^f (jednadžba (2.23)).
Pretpostavimo sada da je očekivani proizvodni jaz $E_t x_{t+1} = 5$, umjesto 0. Jednakim

računom kao na slici (2.4) dobijemo grafove sa slike (2.5). Očekivanje o većem proizvod-



Slika 2.4: Proizvodni jaz i inflacija u NK i BNK modelu kada je očekivani proizvodni jaz > 0

nom jazu rezultira većim današnjim proizvodnim jazom u NK modelu nego u BNK modelu a time i veću inflaciju. Razlog tome je što očekvani proizvodni jaz u NK modelu ulazi u IS jednadžbu s ponderom M=1 a u BNK modelu s ponderom M=0.85 (jednadžba (2.22)).

Poglavlje 3

Zamka likvidnosti

Zamka likvidnosti je većinom keynesijanska ideja i konzistentna je sa kvantitativnom teorijom novca koja govori da su cijene i proizvodnja proporcionalne ponudi novca. Objasnimo kvantitativnu teoriju novca. Kvantitativna teorija novca temelji se na sljedećoj jednadžbi: $MV = PT$ (I.Fisher), gdje je M ponuda novca, V brzina cirkulacije novca u ekonomiji, P razina cijena i T volumen svih transakcija. Ponuda novca ima utjecaj na cijene i proizvodnju putem kamatne stope. Povećanjem ponude novca (M) središnja banka utječe na cijene odnosno inflaciju a samim time i na proizvodnju. Niže kamatne stope potiču proizvodnju i potrošnju. Jednom kada je ponuda novca na toj razini da je kratkoročna nominalna kamatna stopa na nuli, povećanje ponude novca više ne može stimulirati gospodarstvo.
Zamka likvidnosti nastaje kada se ekonomija nalazi u nultoj nominalnoj kamatnoj stopi a stopa štednje stanovništva je visoka čineći monetarnu politiku neučinkovitom. Odgovor monetarne politike u vidu povećanja ponude novca ne snižava kamatnu stopu, ne povećava dohodak i stoga ne potiče ekonomski rast. Potrošači i dalje drže sredstva na depozitnim računima, poput štednih i tekućih računa. Zbog niskih ulaganja u financijsku imovinu, odnosno jako niske potražnje za financijskom imovinom, nominalne kamatne stope ostaju blizu nule.

Kao uvod u temu zamke likvidnosti pogledajmo što se događalo na primjeru Japana kojeg opisuje Eggertson [4] . U Japanu, kratkoročna kamatna stopa je bila na nuli većinu vremena od 1999. godine što je onemogućilo daljnje snižavanje kamatnih stopa. Sve do 2003. godine nije bilo gospodarskog rasta a razina cijena je nastavila padati (deflacija). 2001. godine njihova središnja banka počinje s politikom kvantitativnog popuštanja u smislu stimuliranja ekonomije s dodatnim bankovnim rezervama kako bi kratkoročne kamatne stope ostale na nuli. Ipak, dogodila se situacija koju smo opisali u uvodu, povećanje ponude novca za 50 % nije uspjelo zaustaviti deflaciju i Japan se našao u zamci likvidnosti.
U nastavku ćemo proučavati kako se ponaša Novokeynesijanski a kako Bihevioralni novo-

keynesijanski model u uvjetima zamke likvidnosti. U oba modela baviti ćemo se pitanjem postaje li monetarna politika neučinkovita kada su kamatne stope blizu nule i koje su posljedice na gospodarstvo kada zamka likvidnosti konačno prođe.

3.1 Zamka likvidnosti - promjene s bihevioralnim agentima

3.1.1 Neprekidni Novokejnezijanski model

Slijedeći [13] prvo ćemo opisati Eulerovu jednadžbu (proizvodni jaz) i Phillipsovu jednadžbu u neprekidnom vremenu. Kao i ranije (1.poglavlje) imamo reprezentativnog agenta, monopolističku konkurenciju i Calvo ljepljive cijene. Uvjeti ravnoteže, log-linearizirani oko nulte inflacije su:

$$\dot{x}(t) = \sigma^{-1}(i(t) - r(t) - \pi(t)) \tag{3.1}$$

$$\dot{\pi}(t) = \beta\pi(t) - \lambda x(t) \tag{3.2}$$

$$i(t) \geq 0 \tag{3.3}$$

gdje su σ , β , λ pozitivne konstante a r(t) egzogena i zadana, prirodna kamatna stopa - realna kamatna stopa koja prevladava u uvjetima učinkovite, fleksibilne cijene kada vrijedi x(t) = 0.
Jednadžba (3.1) za proizvodni jaz je rastuća funkcija realne kamatne stope $i(t) - \pi_t$, a jednadžba (3.2) je novokeynesijanska jednadžba za inflaciju. Ako dodamo uvjet da je inflacija s faktorom λ proporcionalna sadašnjoj vrijednosti proizvodnog jaza, jednadžbu (3.2) možemo napisati i kao:

$$\pi(t) = \lambda \int_0^\infty e^{\beta s} x(t+s)ds \tag{3.4}$$

Ponovimo, pozitivni proizvodni jaz (log-razlika između stvarne i potencijalne proizvodnje) stimulira inflaciju, dok negativni proizvodni jaz rezultira deflacijom.
Što se tiče konstanti, β je diskontna stopa, σ^{-1} je međuvremenska elastičnost supstitucije a λ je postotak "ljepljivosti" cijena. Manje vrijednosti znače veću "ljepljivost", odnosno manje promijene u cijenama.
U prvom poglavlju upoznali smo se s pojmom minimizacije funkcije gubitka središnje banke, gdje je bilo poželjno minimizirati devijacije od ciljnih vrijednosti za proizvodni jaz i inflaciju. Ovdje uvodimo neprekidni oblik minimizacijske funkcije:

$$L = \frac{1}{2}\int_0^\infty e^{\beta t}(x(t)^2 + \alpha\pi(t)^2)dt. \tag{3.5}$$

Parametar α kontrolira koliki se ponder pridaje stabilizaciji inflacije u odnosu na proizvodni jaz.

3.1.2 Prirodna kamatna stopa

Pretpostavimo da je prirodna kamatna stopa r_t uvijek pozitivna, za svaki $t \geq 0$. Tada bi proizvodnja uz fleksibilne cijene sa inflacijom i proizvodnim jazom nula bila izvediva i vrijedilo bi jednostavno i(t)=r(t) za sve $t \geq 0$.
Ipak, mi ćemo se koncentrirati na slučaj u kojem vrijedi $r(t) < 0$, za neko unaprijed određeno vrijeme.
Pretpostavimo da se ekonomija nalazi u zamci likvidnosti i da će izaći iz nje u trenutku $T > 0$:

$$r(t) < 0,\ t < T$$
$$r(t) \geq 0,\ t \geq T$$

i pretpostavimo da vrijedi jednostavna step funkcija:

$$\text{r(t)=}\begin{cases} \underline{\text{r}} & t \in [0, T) \\ \overline{r} & t \in [T, \infty) \end{cases}$$

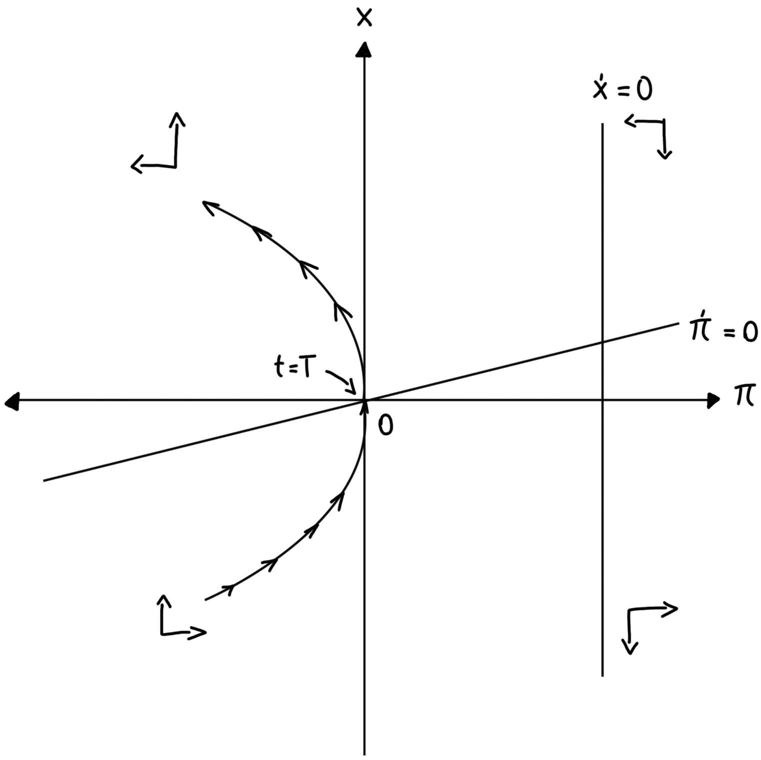
Napomenimo da su $\underline{r} < 0$ i $\overline{r} > 0$ samo oznake kojima označavamo vrijednost realne kamatne stope r do trenutka T, odnosno nakon trenutka T preuzete iz [13] kako bi ih lakše razlikovali. Vrijedi i dodatna tehničku pretpostavka , r(s) je ograničen i vrijednost $\int_0^t r(s)ds$ je definirana i konačna za svaki $t \geq 0$.

3.1.3 Monetarna politika bez opredjeljenja

Izvor ovog pododjeljka i Propozicije 3.1.1. je [13].

U monetarnoj politici bez opredjeljenja, središnja banka ne može vjerodostojno objaviti svoje planove za monetarnu politiku u budućnosti. Umjesto toga, reagira oportunistički u svakom trenutku s apsolutnom diskrecijom. Pokazati ćemo da takav pristup u Novokeynesijanskom modelu vodi do deflacije i recesije te pogledati koje promjene uvodi Bihevioralni model.
Neka vrijedi step funkcija iz prošlog pododjeljka - Prirodna kamatna stopa. Za $t \geq T$ prirodna kamatna stopa je pozitivna, $r(t) = \overline{r} > T$ tako da je idealni ishod $(\pi(t), x(t)) = (0, 0)$

ostvarljiv. Također pretpostavimo da središnja banka može garantirati takav ishod za $t \geq 0$. U periodu $t < T$ središnja banka smatra optimalnim postaviti nominalnu kamatnu stopu na nulu, i(t) = 0. Ovakva situacija je opisana na slici donjoj slici gdje je prikazan dinamički sustav jednadžbi (3.1) i (3.2).



Slika 3.1: Dinamički sustav jednadžbi

Za $t < T$ proizvodnja i inflacija su negativne dok ne dostignu točku (0,0), u T obje vrijednosti rastu. Zaista , kako $T \to \infty$ imamo $\pi(0)$, x(0) $\to \infty$.

Propozicija 3.1.1. *Pretpostavimo da se ekonomija nalazi u zamci likvidnosti s* $r(t) < 0$ *za* $t < T$ *i* $r(t) \geq 0$ *za* $t \geq T$*. Neka su* $\pi^{nc}(t)$ *i* $x^{nc}(t)$ *ishodi ravnoteže u politici bez opredjeljenja (oznaka "nc" stoji za "no commitment" - bez opredjeljenja). Tada su inflacija i proizvodnja jednake nuli nakon trenutka t=T, a strogo negativne do tog trenutka:*

$$\pi^{nc}(t) = x^{nc}(t) = 0, \ t \geq T$$
$$\pi^{nc}(t) < 0, x^{nc}(t) < 0, \ t < T$$

Dodatno $\pi(t)$ i $x(t)$ strogo rastu u t za $t < T$. A ako prirodna kamatna stopa zadovoljava $\int_0^T r(t;T)ds \to -\infty$, za $T \to \infty$ tada vrijedi:

$$\pi^{nc}(0,T), x^{nc}(0,T) \to -\infty$$

Propozicija govori da ovakva politika dovodi do deflacije i depresije, koje su intezivnije što zamka likvidnosti traje dulji vremenski period T.

3.3.3 Bihevioralni agent

Ovo poglavlje kao i sve Propozicije i Slike su uzeti iz izvora [6].
Taylorovo pravilo za nominalnu kamatnu stopu je formula koja opisuje ekonomsku ravnotežu na način da povezuje nominalnu kamatnu stopu koju određuje središnja banka s dva čimbenika: odstupanja između stvarne i željene stope inflacije i odstupanja između stvarnog i željenog bruto društvenog proizvoda. U tradicionalnom modelu, kada je monetarna politika pasivna (kamatna stopa je fiksna), postoji beskonačno višestrukih ravnoteža. Pokazati ćemo da, kada su potrošači ograničeno racionalni, postoji točno jedna određena ravnoteža. Kako je monetarna politika u zamci likvidnosti pasivna, ovaj rezultat ima snažan utjecaj na ekonomiju u tom slučaju.
Pretpostavimo da središnja banka postavi nominalnu kamatnu stopu i_t po Taylorovom načelu:

$$i_t = \phi_\pi \pi_t + \phi_x x_t + j_t \tag{3.6}$$

gdje je j_t neka konstanta, a ϕ_π , $\phi_x \in (0,1)$. Bihevioralni model iz Propozicije (2.2.6) možemo sada prikazati kao:

$$z_t = \mathbf{A}E_t[z_{t+1}] + \mathbf{b}a_t \tag{3.7}$$

uz $z_t = (x_t, \pi_t)'$ vektor stanja, $a_t := j_t - r_t^n$,
$\mathbf{b} = \frac{-\sigma}{1+\sigma(\phi_x+\lambda\phi_\pi)}(1,\lambda)'$ i $\mathbf{A} = \frac{1}{1+\sigma(\phi_x+\lambda_x)}\begin{pmatrix} M & \sigma(1-\beta^f\phi_\pi) \\ \lambda M & \beta^f(1+\sigma\phi_x)+\lambda\sigma \end{pmatrix}$, uz notaciju $\beta^f := \beta M^f$.

Zbog jednostavnosti, pretpostavljamo pasivnu fiskalnu politiku , odnosno $d_t = 0$. Iduća Propozicija generalizira dobro poznat Taylorov kriterij ravnoteže sa bihevioralnim agentima. Pretpostavljamo da su ϕ_π i ϕ_x pozitivne vrijednosti blizu nule.

Propozicija 3.1.2 (Utvrđivanje ravnoteže s bihevioralnim agentima)**.** *Postoji određena ravnoteža ako i samo ako*

$$\phi_\pi + \frac{(1-\beta M^f)}{\lambda}\phi_x + \frac{(1-\beta M^f)(1-M)}{\lambda\sigma} > 1 \tag{3.8}$$

Kada je monetarna politika pasivna ($\phi_\pi = \phi_x = 0$), postoji određena ravnoteža ako i samo ako vrijedi uvjet dovoljno jake ograničene racionalnosti, odnosno ako vrijedi:

$$\frac{(1-\beta M^f)(1-M)}{\lambda\sigma} > 1 \tag{3.9}$$

Uvjet (3.9) ne vrijedi u racionalnom modelu zbog M=1.
(3.9) znači da su agenti dovoljno ograničeno racionalni (M je dovoljno manji od 1) i "kratkovidni" u pogledu na buduće cijene (parametri $\overline{\lambda}$, m_x^f su niski tako da drže $\lambda = \overline{\lambda} m_x^f$ na niskoj razini). Dakle, veća ograničena racionalnost poduzeća (niži m_x^f) pomaže dostizanju jedinstvenosti ravnoteže. Kako učestalost promijene cijena postaje beskonačna tako $\lambda \to 0$. Stoga da bi zadržali ravnotežu, potrebna je i ograničena racionalnost i ljepljivost cijena.
Možemo se pitati zašto ograničena racionalnost eliminira postojanje višestruke ravnoteže. To se događa zbog toga što ograničeno racionalni agenti slabije i u manjoj mjeri reagiraju na buduće događaje, ponašanja i odluke ostalih agenata. Zbog potonjeg, smanjuje se komplementarnost među reakcijama i odgovorima agenata što guši mogućnost višestruke ravnoteže.
Uvjet (3.9) implicira da su oba karakteristična korijena matrice **A** manja od 1 što znači da je jednadžba određena. U klasičnom Novokeynesijanskom modelu, gdje nailazimo na beskonačno mnogo monetarnih ravnoteža, jedan karakteristični korijen je veći od 1 iz razloga što je narušen uvjet (3.9).
Kao što smo ranije spomenuli, izostanak višestrukih ravnoteža je važan u situacijama kada središnja banka pasivno drži kamatnu stopu na određenoj razini , na primjer na nuli.

Prvo pogledajmo što se događa u krajnjem ekstremnom slučaju kada središnja banka trajno odredi kamatnu stopu na određenu razinu. U Novokeynesijanskom modelu tada uvijek postoji beskonačno ograničenih ravnoteža i ne dobivamo definirani odgovor na pitanje što se događa ako središnja banka poveća kamatnu stopu. Teško se odlučiti za samo jednu jednadžbu koja bi trebala opisati kretanja ekonomije. Biheviroalni model daje jedinstveni odgovor. Jednostavno možemo napisati:

$$z_t = E_t\left[\sum_{\tau\geq t} \mathbf{A}^{\tau-t}\mathbf{b}a_\tau\right] \tag{3.10}$$

Ublažimo sada malo situaciju da bi se približili našem problemu zamke likvidnosti postavljenom u NK modelu. Pretpostavimo da je nominalna kamatna stopa još uvijek određena, ali na konačno vremenskih perioda. Pretpostavimo kao i prije da znamo da će zamka likvidnosti trajati točno T perioda.
Neka je $\mathbf{A}_{ZLB}$ matrica **A** kada je $\phi_\pi = \phi_x = j = 0$ u Taylorovom pravilu. Tada jednadžba (3.7) u zamci likvidnosti za $t \leq T$ dobiva oblik $z_t = E_t\mathbf{A}_{ZLB}z_{t+1} + \overline{\mathbf{b}}$ uz $\overline{\mathbf{b}} = (1,\kappa)\sigma\underline{r}$, gdje je

$\underline{r} < 0$ realna kamatna stopa koja prevladava u zamci likvidnosti.
Iteriranjem dobivamo:

$$z_0(T) = (\mathbf{I} + \mathbf{A}_{ZLB} + ... + \mathbf{A}_{ZLB}^{T-1})\overline{\mathbf{b}} + \mathbf{A}_{ZLB}^{T} E_0[z_T] \tag{3.11}$$

Ovdje $z_0(T)$ označava vrijednost u trenutku 0 uz uvjet da zamka likvidnosti traje T perioda. Fokusirajmo se na zadnji pribrojnik $\mathbf{A}_{ZLB}^{T} E_0[z_T]$. U tradicionalnom modelu, jedna od svojstvenih vrijednosti matrice $\mathbf{A}_{ZLB}^{T}$ je po modulu veća od 1. To implicira da vrlo male promjene današnjih očekivanja o ekonomskim uvjetima nakon zamke likvidnosti ($E_0[z_T]$), imaju neograničeno velik utjecaj danas ($\lim_{T\to\infty} \|\mathbf{A}_{ZLB}^{T}\| = \infty$). Stoga bismo očekivali da će u tom slučaju gospodarstvo danas biti vrlo nestabilno uz razumne doze neizvjesnosti oko buduće politike.
Pogledajmo sada što se događa kada imamo bihevioralnog agenta na mjestu racionalnog u situaciji s početka odjeljka. Ponovimo , imamo zadanu prirodnu kamatnu stopu $r_t^n = \underline{r}$ za $t \leq T$ i $r_t^n = \overline{r}$ za $t > T$ tako da vrijedi $\underline{r} < 0 \leq \overline{r}$. Pretpostavljamo također da za $t > T$ središnja banka ostvaruje $x_t = \pi_t = 0$ postavljajući nominalnu kamatnu stopu na $i_t = \overline{r} + \phi_\pi \pi_t$, uz $\phi_\pi > 1$ tako da u ravnoteži vrijedi $i_t = \overline{r}$. Kao i u tradicionalnom modelu, pretpostavka je da se u trenutku $t < T$ središnja banka nalazi u zamci likvidnosti tako da vrijedi $i_t = 0$.

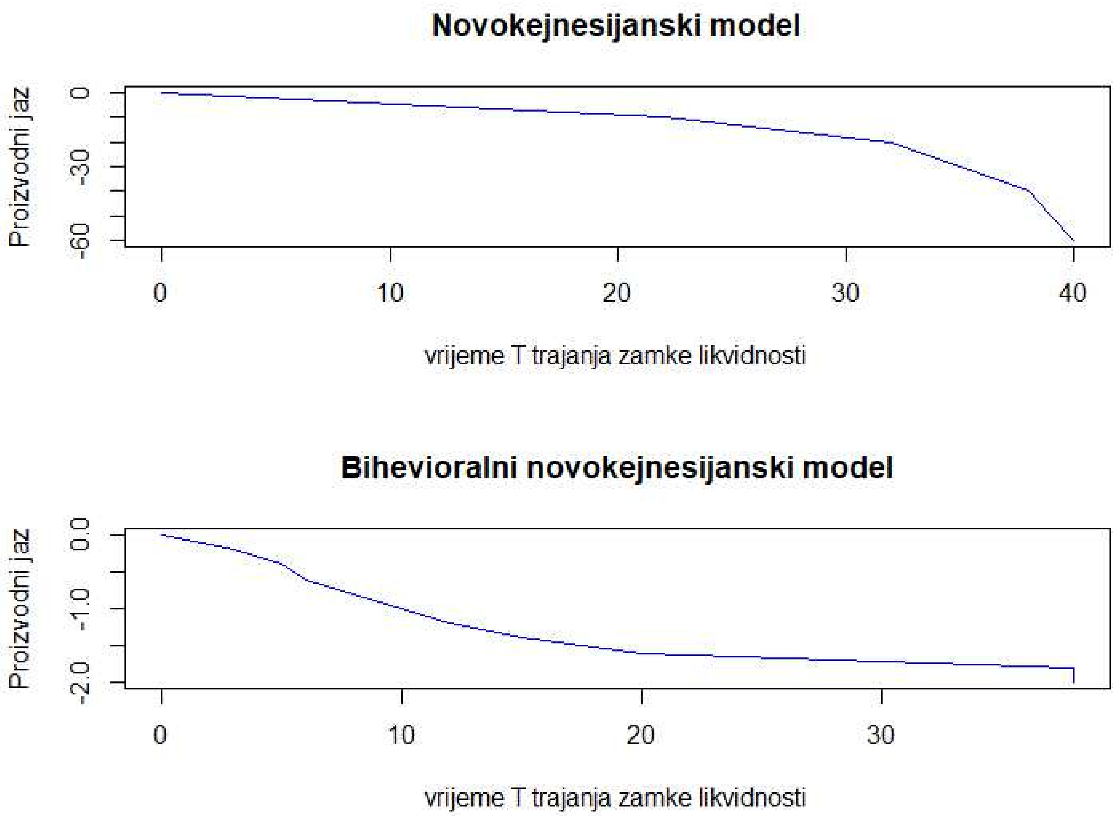
Propozicija 3.1.3. *Neka je $x_0(T)$ proizvodni jaz u trenutku 0 uz pretpostavku da će zamka likvidnosti trajati T vremenskih perioda. U tradicionalnom racionalom modelu, dobivamo duboku i tešku recesiju, a kako se povećava vrijeme trajanja zamke likvidnosti vrijedi* $\lim_{T\to\infty} x_0(T) = -\infty$. *Uz pretpostavku da je kratkovidnost agenata jako izražena, odnosno ako vrijedi uvjet* (3.9)*, rezultat je ograničeno intenzivna recesija:*

$$\lim_{T\to\infty} x_0(T) = \frac{\sigma(1 - \beta M^f)}{(1 - M)(1 - \beta M^f) - \lambda\sigma}\underline{r} < 0 \tag{3.12}$$

Iz Propozicije 3.1.3. vidimo da je kratkovidnost agenata jača što su agenti osjetljiviji na kamatnu stopu (veći σ) i što je veća fleksibilnost cijena (veći λ).

Donji prikaz rađen u programu R ilustrira ove rezultate. Na gornjoj slici imamo tradicionalni model a na donjoj bihevioralni.

Na Slici 3.1 prikazan je proizvodni jaz $x_0(T)$ u trenutku 0 uz uvjet da će ekonomija biti u zamci likvidnosti još T perioda u budućnosti. Parametri su isti u oba modela osim parametara pažnje M i M^f koji su niži u bihevioralnom modelu, a u tradicionalnom jednaki 1. Prirodna kamatna stopa u zamci likvidnosti je -1 %, proizvodni jaz je također izražen u postotcima a vrijeme u kvartalima.
Na gornjoj slici vidimo koliko velik problem stvara zamka likvidnosti u tradicionalnom modelu. Što je duži period zamke likvidnosti, ona postaje neograničeno skuplja u smislu



Slika 3.2: Proizvodni jaz u bihevioralnom i tradicionalnom modelu u zamci likvidnosti

eksponencijalnog pada proizvodnog jaza. Za razliku od takvog slučaja, na donjoj slici vidimo ograničene troškove kroz produljeni period zamke likvidnosti. Stvarnost je negdje između ali ipak bliže donjoj slici.

3.2 Buduće smjernice (Forward guidance)

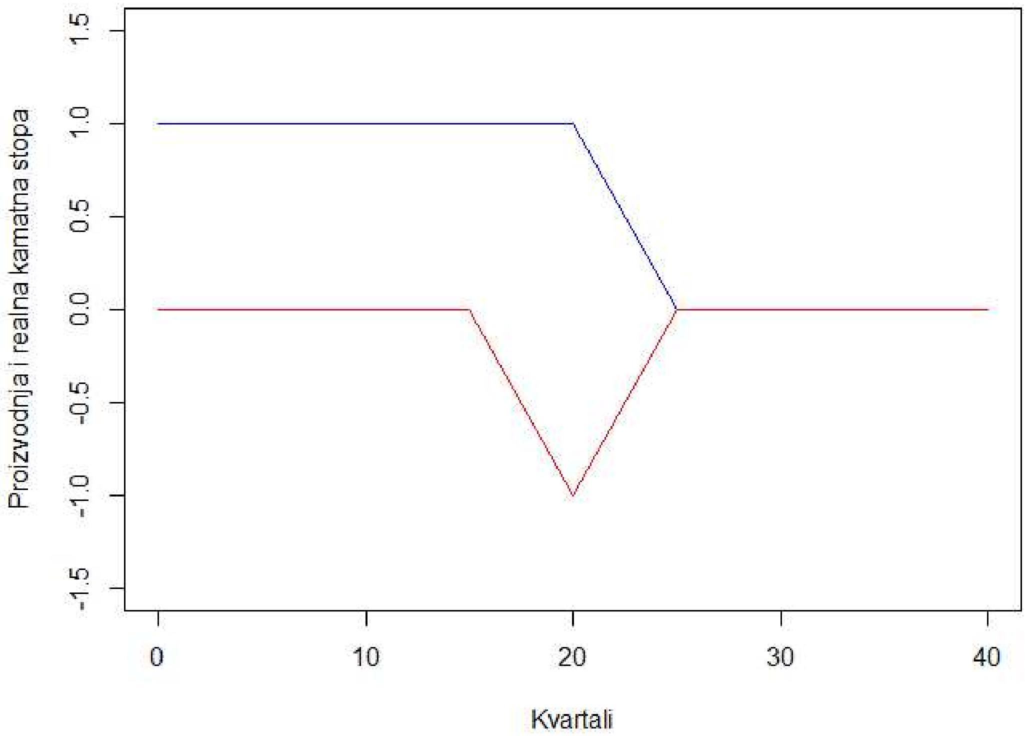
Buduće smjernice u Novokeynesijanskom modelu uvodimo prateći [12].
Buduće smjernice podrazumijevaju komunikaciju i transparentnost o planovima monetarne politike u budućnosti kako bi se mogla kontrolirati tržišna očekivanja i jedan su od nekonvencionalnih alata monetarne politike u zamci likvidnosti. Koristeći jednadžbe (1.1) , (1.2) iz Novokeynesijanskog modela monetarne politike opisati ćemo kako to funkcionira.

Pretpostavimo da središnja banka ima neku ciljanu stopu inflacije π^*. Nužan uvjet da bi se to postiglo je postaviti nominalnu kamatnu stopu tako da vrijedi:

$$i_t = r_t^n + \pi^* \tag{3.13}$$

Pretpostavimo nadalje da prirodna realna kamatna stopa padne ispod nule, tako da vrijedi $r_t^n < -\pi^*$. U ovom slučaju, pravilo kamatne stope (3.13) implicira da ili nominalna kamatna stopa mora biti negativna ili središnja banka ne može postići ciljanu inflaciju.
Ako središnja banka želi minimizirati funkciju gubitka, optimalna monetarna politika podrazumijeva stimuliranje ekonomije sve dok prirodna kamatna stopa ne bude pozitivna bez obzira što to podrazumijeva pozitivnu inflaciju. Takva politika ima par pozitivnih posljedica na ekonomiju kroz različite kanale. Veća očekivana inflacija smanjuje realnu kamatnu stopu koja povećava proizvodni jaz - jednadžba (1.1). Drugo, očekivanja da će kamatna stopa ostati niska povećavaju sadašnju potrošnju koja utječe na sadašnje, ali i na buduće kamatne stope. I posljednje, očekivani viši prihodi također stimuliraju sadašnju potrošnju.
U zamci likvidnosti, smjernice unaprijed postaju nazamjenjiv alat politike budući da više nije moguće implementirati monetarnu politiku kroz kanal kamatne stope. Vidjeli smo ranije da šok u kamatnoj stopi može izazvati duboku recesiju ako se središnja banka ne odluči za neke nove, nekonvencionalne politike.
Koncentrirajmo se sada na pitanje zašto smjernice unaprijed imaju toliki utjecaj u Novokeynesijanskom modelu i kako se Bihevioralnom modelu njihov utjecaj smanjuje.
Zbog jednostavnosti, pretpostavimo da je monetarna politika središnje banke dana egzogenim pravilom za realnu kamatnu stopu gdje realna kamatna stopa prati prirodnu kamatnu stopu uz određenu grešku: $r_t = i_t - E_t\pi_{t+1} = r_t^n + \epsilon_{t,t-j}$. $\epsilon_{t,t-j}$ je šok u kamatnoj stopi u periodu t a koji postaje jasan u periodu $t - j$. Već smo upoznati sa činjenicom da bez šokova, realna kamatna stopa prati prirodnu i inflacija je na nuli. Pretpostavimo da počinjemo u tom stanju ali monetarni autoriteti objave da će realna kamatna stopa padati za 1% u svakom kvartalu u idućih $T = 5$ godina ali će se nakon toga vratiti na vrijednosti prirodne kamatne stope.
Slika 3.2 prikazuje odgovor proizvodnje na šok u kamatnoj stopi. Izvor podataka sa slike je [12]. Crvena linija na slici prikazuje realnu kamatnu stopu, a plava linija proizvodnju.

Iako se realna kamatna stopa ne mijenja odmah već nakon 20 kvartala, proizvodnja poraste za 1% trenutno i ostaje na tom nivou 5 godina, odnosno tih 20 kvartala dok se ne vrati na stacionarno stanje u 21. kvartalu. Da bi razumjeli zašto se to događa, bitno je uzeti u obzir da šok mijenja relativnu cijenu potrošnje između 20. i 21. kvartala (realna kamatna stopa se mijenja u 20.kvartalu), ali u ostalim kvartalima ostavlja relativnu cijenu potrošnje nepromijenjenom. To implicira da rast potrošnje jedino može odstupati od nominalnog u 20. kvartalu, odnosno da je odgovor potrošnje step funkcija. U matematici kažemo da je funkcija step oblika odnosno step funkcija ako se može zapisati kao konačna linearna kombinacija indikatorskih funkcija. Dodatno, razina potrošnje i proizvodnje je smanjena u



Slika 3.3: Odgovor proizvodnje na šok kamatne stope

dugom roku zbog toga što monetarni šokovi u NK modelu nemaju utjecaj na realne varijable već samo na nominalne. Imajući to u vidu, jasno je da potrošnja i proizvodnja moraju narasti za 1 % momentalno kako bi se vratili na stacionarno stanje u dugom roku (u 21. kvartalu).

Funkcija sa Slike 3.2 određena je samo Eulerovom jednadžbom. U općenitoj jednadžbi, dohodak raste kao odgovor na rast razine produktivnosti zbog povećanja potražnje. Ovo povećanje dohotka dopušta kućanstvima da troše opuštenije bez smanjenja troškova nakon 20. kvartala.

Logika budućih smjernica opisana za 20 kvartala u budućnosti vrijedi za bilo koji vremenski horizont u budućnosti. Što se smjernica odnosi na dalju budućnost , veći ćemo imati kumulativni odgovor proizvodnje u tradicionalnom modelu. U tradicionalnom modelu, cijeli kumulativni odgovor proizvodnog jaza određuje odgovor inflacije na buduću smjernicu. Da bi to vidjeli, korisno je napisati jednadžbu Phillipsove krivulje na ovaj način:

$$\pi_t = \lambda \sum_{j=0}^{\infty} \beta^j E_t x_{t+j}$$

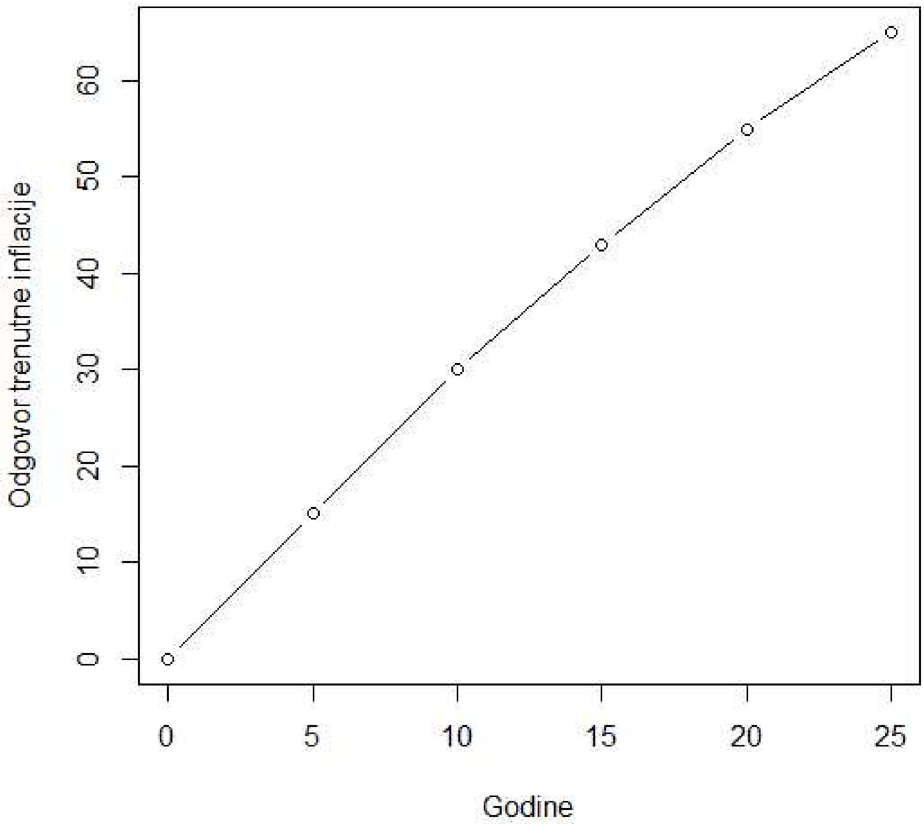
Iz jednadžbe je jasno da što dalje u budućnosti monetarni autoriteti objave da će promijeniti kamatnu stopu, jači je odgovor inflacije. Dok je odgovor inflacije na promjenu u trenutnoj realnoj kamatnoj stopi od 1 % jednak umnošku $\lambda\sigma$, odgovor na jednaku promjenu daleko u budućnosti je $\lambda\sigma/(1-\beta)$. Ako je $\beta = 0.99$, trenutni odgovor inflacije na buduću smjernicu o promjeni kamatne stope u idućem kvartalu je 100 puta veći nego odgovor na jednaku promjenu u sadašnjoj kamatnoj stopi.
Slika 3.3. opisuje odgovor inflacije na buduću smjernicu o kamatnoj stopi u različitim vremenskim horizontima. Vidimo da odgovor inflacije na buduću smjernicu o kamatnoj stopi za 5 godina je otprilike 18 puta veći nego odgovor na jednaku promjenu u sadašnjosti.

Vratimo se sada na bihevioralni model iz izvora [6]. Pretpostavimo kao i prije da središnja banka u trenutku 0 objavi da će u idućih T perioda T puta smanjiti realnu kamatnu stopu za 1 %. Koji utjecaj dobivamo na današnju inflaciju? Odgovor čitamo sa Slike 3.4. Izvor podataka sa slike je [6].

Slika 3.4. prikazuje odgovor trenutne inflacije na buduće smjernice o smanjenju kamatne stope za 1% u T kvartala. Lijeva slika pokazuje tradicionalnu Novokeynesijansku ekonomiju (replika slike (3.3.)). Vidimo da što je implementiranje politike vremenski udaljenije, veći utjecaj dobivamo danas. Na srednjoj slici imamo situaciju gdje su potrošači bihevioralni a poduzeća racionalna dok su na zadnjoj slici i poduzeća i potrošači bihevioralni. Parametri su jednaki u svim modelima osim parametara pažnje M i M^f, koji su jednaki 1 u racionalnom modelu. Sa prikaza primjećujemo da objave o politici koja će se dogoditi daleko u budućnosti, imaju jako mali iščezavajući utjecaj na bihevioralne agente, dok na racionalne imaju najveći utjecaj.
Formalno, imamo $x_t = Mx_{t+1} - \sigma\hat{r}_t$ uz $\hat{r}_T = -\sigma = -1\%$ i $\hat{r}_t = 0$ za $t \neq T$. Dakle, $x_t = \sigma M^{T-t}\delta$ za $t \leq T$ i $x_t = 0$ za $t > T$. Ovo implicira da u trenutku 0 odgovor inflacije na smanjenje kamatnih stopa u T perioda je:

$$\pi_0(T) = \lambda \sum_{t\leq 0} (\beta^f)^t x_t = \lambda\sigma \sum_{t=0}^{T} (\beta^f)^t M^{T-t}\delta = \lambda\sigma \frac{M^{T+1} - (\beta^f)^{T+1}}{M - \beta^f}\delta$$

Smanjivanje kamatne stope u dalekoj budućnosti ima veliki utjecaj da današnju inflaciju u tradicionalnom modelu za M=1 ($\lim_{T\to\infty} \pi_0(T) = \frac{\lambda\sigma}{M-\beta^f}\delta$) i nikakav utjecaj u bihevioralnom modelu ($\lim_{T\to\infty} \pi_0(T) = 0$ za $M < 1$).



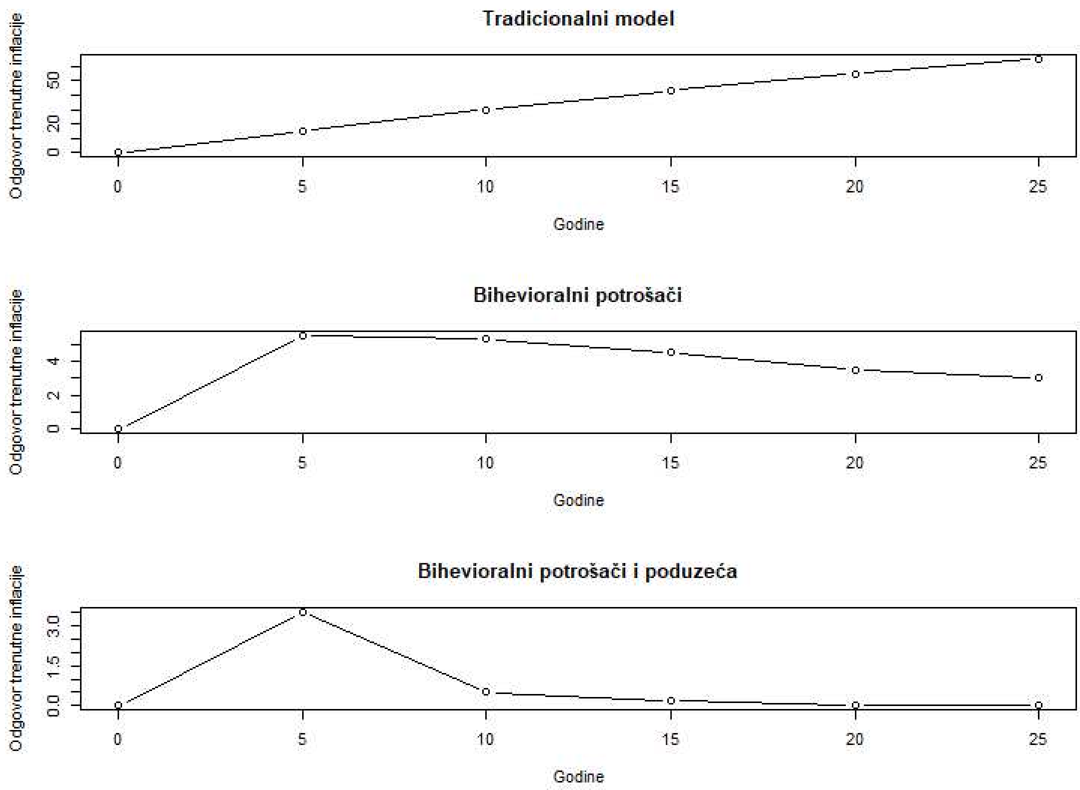
Slika 3.4: Odgovor trenutne inflacije na buduće smjernice u kamatnoj stopi u ovisnosti o vremenskom horizontu

3.3 Optimalna monetarna politika u bihevioralnom modelu

Izvor ovog podpoglavlja je [6].

Odgovor na promjene u prirodnoj kamatnoj stopi

Pretpostavimo da se dogodio šok u produktivnosti ili u diskontnim faktorima koji mijenjaju prirodnu kamatnu stopu, r_t^n. Kako bi definirali politiku koja će osigurati prvi najbolji od-



Slika 3.5: Utjecaj smanjivanja realne kamatne stope na današnju inflaciju

govor (inflacija i proizvodni jaz na nuli), vraćamo se na inicijalne jednadžbe za proizvodni jaz i Phillipsovu krivulju u Bihevioralnom modelu, (2.22) i (2.23). Iz njih čitamo da je ostvarena prva najbolja opcija ako i samo ako vrijedi $i_t = r_t^n$.
Izvor Leme 3.3.1. je [6].

Lema 3.3.1 (Prvi najbolji odgovor)**.** *Kada se dogodi šok u prirodnoj kamatnoj stopi, prva najbolja opcija se može ostvariti ako i samo ako:*

$$i_t = r_t^n = r_t^{n0} + \frac{b_d}{\sigma} d_t \tag{3.14}$$

gdje je r_t^{n0} prirodna kamatna stopa koja je neovisna o fiskalnoj i monetarnoj politici.

Dakle, u optimalnoj politici, kada u ekonomiji imamo nižu prirodnu kamatnu stopu r_t^{n0}, iz jednadžbe (3.14) vidimo da središnja banka može ili smanjiti stope ili povećati deficite. Monetarna i fiskalna politika su međusobni supstituti.

Optimalna politika bez zamke likvidnosti

Kada zamka likvidnosti nije na snazi, monetarna politika se drži prve najbolje opcije. Pretpostavimo da nismo u zamci likvidnosti, odnosno $r_t^{n0} \geq 0$. Tada možemo eliminirati fiskalnu politiku, $d_t = 0$, te dobivamo da i kod racionalnih i bihevioralnih agenata optimalna politika je još uvijek $i_t = r_t^{n0}$ ako pretpostavimo da je inflacijski cilj π^*=0. Za inflaciju različitu od nule dobivamo $i_t = r_t^n + \pi^*$.

Optimalna politika u uvjetima zamke likvidnosti

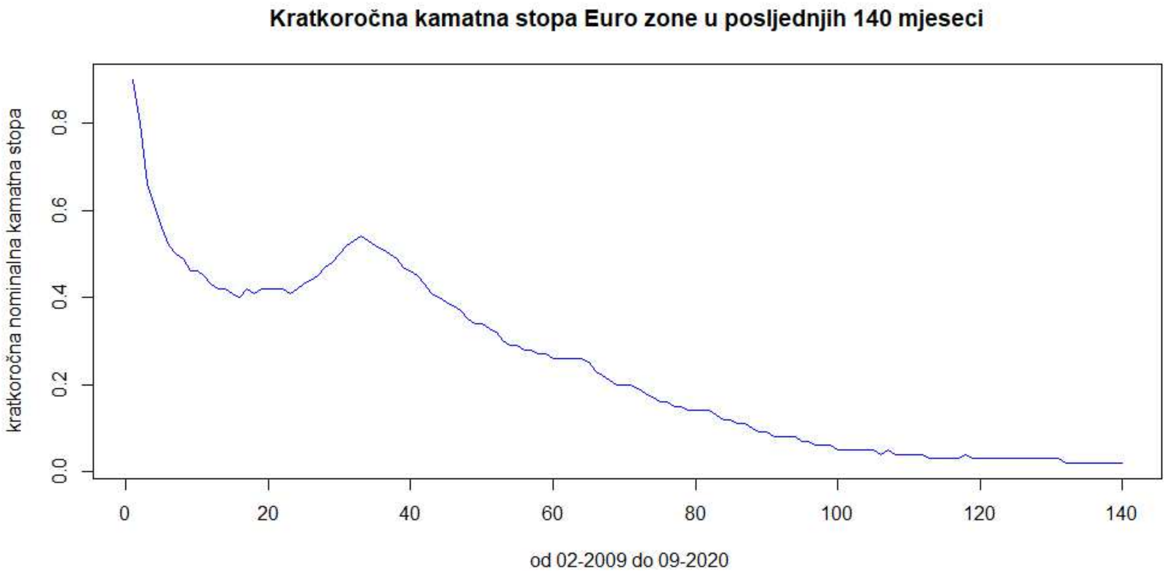
Kada prirodna kamatna stopa postane negativna (uz nisku inflaciju), optimalna nominalna kamatna stopa je negativna, što u velikoj mjeri nije moguće održati dulji vremenski period. Taj fenomen kao što smo već vidjeli zovemo zamkom likvidnosti. Prva najbolja opcija nije moguća u klasičnom modelu a druga iduća je suviše kompleksna. Ipak, ako imamo bihevioralne agente, lako je postići prvi najbolji odgovor i u zamci likvidnosti ako postavimo:

$$i_t = 0, \quad d_t = \frac{-\sigma}{b_d} r_t^{n0} \tag{3.15}$$

što znači da će fiskalna politika pokretati deficite kako bi stimulirala potražnju. Pod fiskalna politika mislimo na transfere od središnje banke prema agentima ili ekvivalnentno "helikopterski novac". Ovo je ponovno moguće jer agenti nisu Rikardijanci pa ne percipiraju jasno da će u budućnosti na neki način taj novac morati i vratiti kroz poreze. Naziv "helikopterski novac" prvi je uveo Milton Friedman 1969. godine u svom radu "Optimalna količina novca" ([5]), slikovito ilustrirajući učinke monetarne ekspanzije kao ispuštanje novca iz helikoptera kako bi se stimulirala ekonomija. Ovakva ekspanzivna politika bi se u teoriji trebala koristiti kada se ekonomija nalazi u razdoblju niskih kamatnih stopa i kada je rast gospodarstva jako spor i nezamjetan.
Zaključimo da bihevioralna razmatranja znatno mijenjaju politiku u zamci likvidnosti i dopuštaju postizanje prve najbolje opcije.

Iduće podatke potrebne za izradu grafova i modeliranje u statističkom programu R preuzela sam sa stranice Euro area statistics. Na samom kraju, voljela bih se osvrnuti na stvarne i trenutne podatke o razini kratkoročnih nominalnih kamatnih stopa u Euro području.

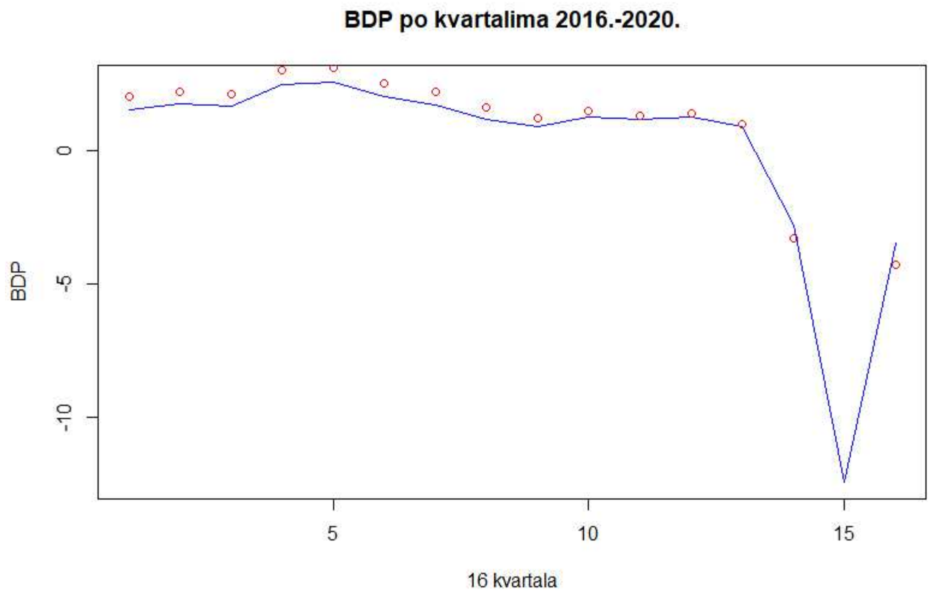
Na slici 3.5. prikazana je referentna kamatna stopa za Euro područje u periodu od 11 godina (2009.-2020. godine). Referentne kamatne stope su javno dostupne kamatne stope koje se redovito ažuriraju a služe kao osnova za sve vrste financijskih ugovora. Referentne kamatne stope izračunava neovisno financijsko tijelo, u ovom slučaju Upravno vijeće Europske središnje banke. Takvu kamatnu stopu možemo shvatiti kao prinos koji dobijemo na ulaganje u državne obveznice.



Slika 3.6: Kamatna stopa Euro područja

Vidimo da su u posljednje četiri godine kamatne stope na nultoj donjoj granici. Podsjetimo se sada što smo rekli za situaciju kada su nominalne kamatne stope na nuli. IS krivulja izvedena i u prvom i u drugom poglavlju pokazivala je na negativnu vezu između realne kamatne stope i proizvodnog jaza. Realna kamatna stopa je razlika nominalne kamatne stope i očekivane inflacije. Dakle, niža nominalna kamatna stopa vodi, uz ostale uvjete nepromijenjene, do većeg proizvodnog jaza, odnosno veće razlike između stvarne i potencijalne proizvodnje. Iz Phillipsove krivulje znamo da veći proizvodni jaz utječe na veću inflaciju. Drugim riječima, niske kamatne stope povećavaju stvarnu proizvodnju. Iz Eulerove jednadžbe (1. poglavlje pri izvođenju IS krivulje) znamo da je proizvodnja umanjena za državnu potrošnju jednaka potrošnji što vodi do zaključka da se i potrošnja povećava. Ovakav razvoj je razlog zašto središnja banka pokušava smanjiti kamatne stope kada se država nalazi u krizi kako bi stimulirala ekonomiju. Na slici vidimo situaciju gdje su u posljednje četiri godine referentne kamatne stope na nultoj donjoj granici. To znači da središnje banke ne mogu još niže spustiti nominalnu kamatnu stopu kako bi potaknule proizvodnju, potrošnju i generalno ekonomsku aktivnost. Uz logičnu pretpostavku koja slijedi iz ovoliko niskih kamatnih stopa a to je da nije popularno ulagati u financijsku imovinu koja bi trebala donositi prinos, razvoj situacije u Euro području jako podsjeća na opis zamke likvidnosti iz 3. poglavlja - niske kamatne stope, visoka štednja, neučinkovita monetarna politika.

Sada pretpostavimo da imamo bihevioralnog agenta i trenutno stvarnu situaciju zamke likvidnosti. Pogledati ćemo koliko se stvarni podaci o bruto društvenom proizvodu i inflaciji u zadnje četiri godine slažu sa podacima koje ćemo aproksimirati za bihevioralnog agenta. Krenimo od jednadžbe za proizvodni jaz (2.22). Očekivani proizvodni jaz $E_t[x_{t+1}]$ aproksimirati ćemo vrijednosti proizvodnog jaza u trenutku $t-1$, analogno ćemo napraviti i za očekivanu inflaciju $E_t\pi_{t+1}$. Diskontni faktor M je kao u prethodnom poglavlju jednak 0.85, σ je također kao u prethodnom poglavlju jednaka 0.20. Nominalna kamatna stopa i_t prati vrijednosti sa slike (3.5.) u zadnje četiri godine i pretpostavimo da je prirodna kamatna stopa r_t^n na nuli. Vrijednosti nominalne kamatne stope na slici (3.5) prikazane su po mjesecima pa kako bi dobila aproksimaciju vrijednosti po kvartalima izračunala sam srednje vrijednosti za svaka tri mjeseca pojedinačno i prikazala ih kao vrijednosti nominalne kamatne stope u jednom kvartalu jer se jedan kvartal sastoji od tri mjeseca u godini. Dakle, u 4 godine imamo točno 16 kvartala.

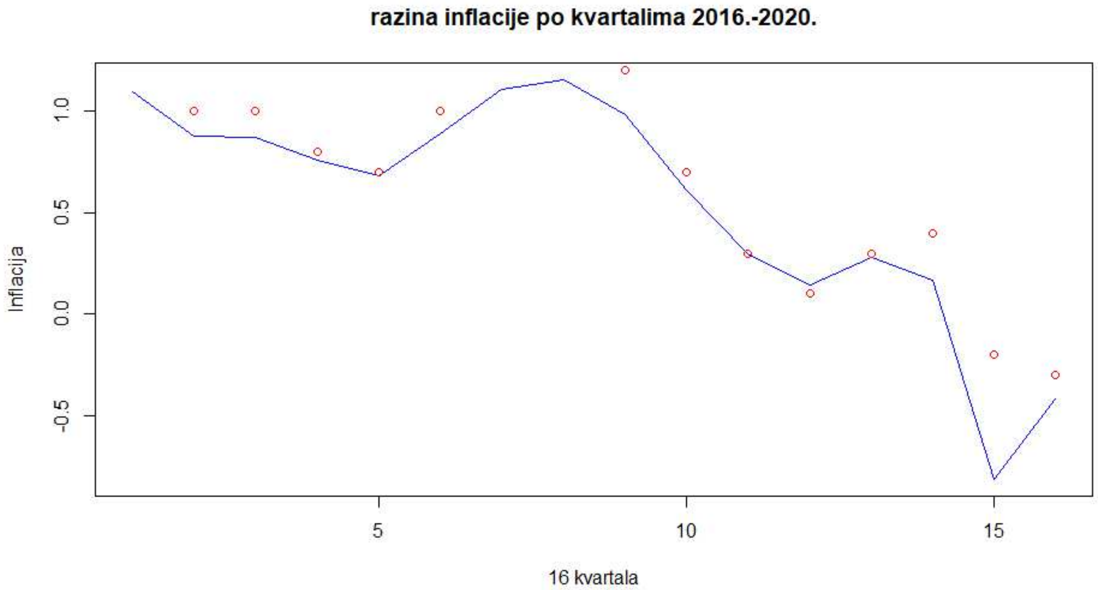


Slika 3.7: (Usporedba stvarnih podataka i aproksimacije podataka BNK modelom) BNK model za x_t, gdje su t kvartali od 2016.-2020. godine prikazan je plavom linijom, dok su stvarni podaci prikazani crvenim točkama

Na slici (3.6) vidimo da bihevioralna IS krivulja jako dobro aproksimira stvarne podatke kada je nominalna kamatna stopa blizu nule i ekonomija u zamci likvidnosti.

Sada pogledajmo koliko dobro aproksimirana bihevioralna Phillipsova krivulja (2.23) opisuje stvarne podatke o inflaciji u posljednjih 16 kvartala. Za očekivanu inflaciju $E_t\pi_{t+1}$

uzmimo ponovno vrijednost inflacije u prethodnom periodu , a koeficijenti uz očekivanu inflaciju M^f i β jednaki su 0.79 i 0.99 redom (slika (2.2.)). Proizvodni jaz u posljednje četiri godine čitamo sa slike (3.6) za bihevioralni model, a koeficijent uz proizvodni jaz $\kappa = 0.053$ sa slike (2.2.).



Slika 3.8: (Usporedba stvarnih podataka i aproksimacije podataka BNK modelom) BNK model za π_t, gdje su t kvartali od 2016.-2020. godine prikazan je plavom linijom, dok su stvarni podaci prikazani crvenim točkama

Slike (3.7) pokazuje da bihevioralna Phillipsova krivulja također dobro aproksimira stvarne podatke za inflaciju za ekonomiju koja se nalazi u zamci likvidnosti.

Po mišljenju autorice ovog rada, Bihevioralni model je dobar izbor za modeliranje ekonomije u zamci likvidnosti. Gledajući podatke iz prethodne četiri godine, aproksimirani model jako dobro opisuje stvarne podatke pa mogu pretpostaviti da su agenti u zamci likvidnosti bihevioralni, a sukladno sa svime što smo rekli za zamku likvidnosti u bihevioralnom modelu, postojati će izlaz iz zamke likvidnosti koji ne mora nužno uključivati recesiju i depresiju.

Poglavlje 4

Zaključak

U diplomskom radu uveli smo i objasnili dva modela - Novokeynesijanski i Bihevioralni novokeynesijanski model. Cilj diplomskog rada bio je opisati stadij zamke likvidnosti u modelima i odgovoriti na pitanja kako do takve situacije dolazi, koji su mogući odgovori središnjih banaka i kakve posljedice na ekonomiju ostavlja takvo stanje. Kako bi istaknuli važnost ponašanja potrošača, poduzeća i središnje banke, važnost njihovih percepcija stvarnih događaja i budućnosti, objašnjavamo razlike u spomenutim modelima za vrijeme i nakon trajanja zamke likvidnosti.
Da bi objasnili kako se i zašto formirao Bihevioralni model, prvo smo se koncentrirali na izvođenje modela koji će biti podloga za njega a to je Novokeynesijanski model. Vidjeli smo da Novokeynesijanski model podrazumijeva savršenu percepciju budućih i sadašnjih događaja od strane agenata, transparentnost te savršene informacije. U takvom okruženju, gdje budući događaji, kao što su buduća promjena kamatne stope, inflacije, proizvodnog jaza i ostalih makroekonomskih varijabli, imaju jednak utjecaj na ekonomiju kao i sadašnji događaji, zamka likvidnosti vodi do intezivne i neograničene recesije i depresije. Sam intenzitet ovisio je o tome koliko perioda traje zamka likvidnosti, što smo i analizirali na grafovima.
Nakon što smo zaključili da Novokeynesijanski model ne daje izlaz iz zamke likvidnosti, napuštamo pretpostavku o savršenoj percepciji događaja i uvodimo pojmove kao što su kratkovidnost, kognitivno diskontiranje i parametri pažnje. Uvodeći bihevioralne parametre, teorijski ali i na jednostavnim primjerima i grafičkim prikazima vidimo da se situacija znatno mijenja. Kako agenti više ne percipiraju budućnost savršeno, tako zamka likvidnosti dobiva manji intenzitet i postoji rješenje čak i u situaciji kada je kamatna stopa na nultoj donjoj granici.
Kako analiza ne bi završila samo na jednostavnim i izmišljenim primjerima koji također služe svrsi ali ne opisuju stvarno stanje, na samom kraju osvrnuli smo se na sadašnje vrijednosti kamatnih stopa i stope inflacije u Eurozoni, za koju znamo da je i trenutno u zamci

likvidnosti. Zaključujemo da Bihevioralni model dobro opisuje stvarne podatke i da se može koristiti pri analizi zamke likvidnosti, uz određenu grešku.
Pogledamo li jednadžbe za proizvodni jaz i inflaciju u oba modela, jednadžbe se na prvi pogled ni ne razlikuju. Zaključujemo da sve razlike u modelima dolaze iz naizgled samo jednog detalja - percepcije događaja agenata. Baš zbog te pretpostavljne nesavršene, odnosno savršene percepcije jedan model daje izlaz iz zamke likvidnosti a drugi ne.

Bibliografija

[1] Robert J Barro, *Are government bonds net wealth?*, Journal of political economy **82** (1974), br. 6, 1095–1117.

[2] Agnès Bénassy-Quéré, Benoît Coeuré i Pierre Jacquet, *Economic policy: theory and practice*, Oxford University Press, USA, 2010.

[3] Richard Clarida, Jordi Gali i Mark Gertler, *The science of monetary policy: a new Keynesian perspective*, Journal of economic literature **37** (1999), br. 4, 1661–1707.

[4] Gauti B Eggertsson i Michael Woodford, *Optimal monetary policy in a liquidity trap*, Teh. izv., National Bureau of Economic Research, 2003.

[5] Milton Friedman, *The optimum quantity of money, and other essays.*, Teh. izv., 1969.

[6] Xavier Gabaix, *A behavioral New Keynesian model*, Teh. izv., National Bureau of Economic Research, 2016.

[7] ______, *A behavioral New Keynesian model*, American Economic Review **110** (2020), br. 8, 2271–2327.

[8] Jordi Galí, *Monetary policy, inflation, and the business cycle: an introduction to the new Keynesian framework and its applications*, Princeton University Press, 2015.

[9] ______, *DP13095 The State of New Keynesian Economics: A Partial Assessment*, (2018).

[10] Mariana García-Schmidt i Michael Woodford, *Are low interest rates deflationary? A paradox of perfect-foresight analysis*, American Economic Review **109** (2019), br. 1, 86–120.

[11] Charles I Jones, *Macroeconomía*, Antoni Bosch editor, 2009.

[12] Alisdair McKay, Emi Nakamura i Jón Steinsson, *The power of forward guidance revisited*, American Economic Review **106** (2016), br. 10, 3133–58.

[13] Ivan Werning, *Managing a liquidity trap: Monetary and fiscal policy*, Teh. izv., National Bureau of Economic Research, 2011.

[14] Michael Woodford, *The Taylor rule and optimal monetary policy*, American Economic Review **91** (2001), br. 2, 232–237.

[15] Tack Yun, *Nominal price rigidity, money supply endogeneity, and business cycles*, Journal of monetary Economics **37** (1996), br. 2, 345–370.

Sažetak

U diplomskom radu opisali smo kako ograničena racionalnost utječe na monetarnu i fiskalnu politiku. U prvom odjeljku, počinjemo sa tradicionalnim Novokeynesijanskim modelom koji je bio podloga za razvijanje modela kojeg smo željeli analizirati. Uviđajući nedostatke i moguća proširenja tradicionalnog modela, u drugom odjeljku počinjemo sa analizom Bihevioralnog novokeynesijanskog modela, kao lako izvodljivog obogaćenja koji donosi jedan ključni novi parametar. Parametar kratkovidnosti utječe na monetarnu i fiskalnu politiku u mikro utemeljenoj općoj ravnoteži. Kada smo detaljno opisali bihevioralni model, u trećem poglavlju se upoznajemo s problemom zamke likvidnosti. Koncentriramo se na ponašanje ekonomije i ekonomskih sudionika u oba modela u vremenima jako niskih kamatnih stopa. Središnji dio analize postaje dobiti odgovor na pitanje koje promjene donosi bihevioralni agent i zašto zamka likvidnosti u tom slučaju postaje manji problem. Priča o zamci likvidnosti ne bi bila potpuna da se nismo dotaknuli i situacije koju imamo danas , pa rad zaključujemo promatrajući stvarne vrijednosti kamatnih stopa, proizvodnog jaza i inflacije i analiziramo koliko ih dobro bihevioralni model opisuje.

Summary

In this thesis we described how bounded rationality affects monetary and fiscal policy. In the first chapter, we started with tradicional New Keynesian model which was the basis for developing the model we wanted to analyze. Recognizing the shortcomings and possible improvements of the traditional model, in the second chapter we begin with an analysis of the Bihevioral New Keynesian model, which is a tractable and parsimonius enrichment with one main new parameter. That myopia parameter affected the power of monetary and fiscal policy in a microfounded general equilibrium. When we have described the behavioral model in detail, we move on to the problem of the liquidity trap in the third chapter. We concentrate on the behavior and consequences on the economy at a time of very low interest rates. A central part of the analysis becomes answering the question of what kind of change in such an economy a behavioral agent brings and why the liquidity trap becomes less expensive for economy. The whole story about the liquidity trap would not be complete if we did not touch on the situation we have today, so we conclude the work by observing the actual values of interest rates, output gap and inflation and we analyze how well the behavioral model describes them.

Životopis

Rođena sam 22.12.1996. u Splitu. Nakon završene osnovne škole, srednjoškolsko obrazovanje stekla sam u općoj gimnaziji Vladimir Nazor u Splitu. U istoj školi, maturirala sam 2015. godine i te iste godine upisala preddiplomski studij Matematike na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu. 2018. godine postajem prvostupnik matematike i upisujem diplomski studij Financijska i poslovna matematika na istom fakultetu. Trenutno sam zaposlena u odjelu Poslovne inteligencije u Raiffeisen banci.