Model monetarne politike prosječne stope inflacije

Brtan, Ivan

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO–MATEMATIČKI FAKULTET
MATEMATIČKI ODSJEK

Ivan Brtan

MODEL MONETARNE POLITIKE PROSJEČNE STOPE INFLACIJE

Diplomski rad

Voditelj rada:
Prof. dr. sc. Boris Cota

Zagreb, 2022.

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. ____________________________

Hvala svima koji su bili uz mene tijekom studiranja
mentoru prof. Borisu Coti na trudu i pomoći oko pisanja diplomskog rada
obitelji na poticaju i ugodnom studiranju
Ani na neizmjernoj podršci i zajedničkom učenju
prijateljima na prijateljstvu
Pauli na beskrajnoj pomoći

Sadržaj

Uvod

Potaknuti velikom financijskom krizom u razdoblju 2007. - 2009. i COVID-19 ekonomskom krizom središnje banke su usmjerile pažnju na problem ograničenja donje granice kamatne stope. Američka središnja banka (Fed) je držala kratkoročnu kamatnu stopu blizu nule sedam godina tijekom recesije i ekonomskog oporavka od globalne financijske krize. Dosadašnji model monetarne politike je imao za cilj postizanje stabilnosti cijena koja bi se postigla kroz stabilnu inflaciju odnosno postizanjem godišnje ciljane stope inflacije od 2%. Tijekom ekonomskog oporavka od globalne ekonomske krize, inflacija je konstantno bila ispod ciljane razine od 2% koju je postavio Fed. Istraživanja su pokazala kako niska prirodna kamatna stopa u kombinaciji s nultom donjom granicom otežava američkoj središnjoj banci rješavanje kompromisa između ciljeva stabilizacije inflacije i postizanja maksimalne zaposlenosti. Kao odgovor na to pitanje pojavila se moguća strategija s ciljanom prosječnom inflacijom. Zbog toga je došlo do ponovnog preispitivanja monetarne politike te interesa za promjene u istoj. Rezultat preispitivanja je odluka američke središnje banke da se monetarna politika vodi s ciljem postizanja prosječne stope inflacije. Takva monetarna politika dopušta inflaciji da raste i pada, ali da prosječno iznosi 2% tijekom određenog vremenskog perioda. Politika prosječne ciljane inflacije ima zanimljivo svojstvo u kojem se promašaji monetarne politike u prošlosti moraju nadoknaditi u budućnosti. U prvom poglavlju diplomskog rada opisat ću tradicionalni Novokeynesijanski model kojeg smatramo formalnim modelom monetarne politike. Izvesti ću model u kojem su ukomponirane jednadžbe proizvodnog jaza i inflacije.

Iz modela ću donijeti zaključke koji će biti vrlo bitni u samoj strategiji prosječne ciljane inflacije. Doći ću do zaključka kako trenutna inflacija i proizvodni jaz ovise i o sadašnjim, ali i budućim ekonomskim uvjetima.

U drugom dijelu diplomskog rada opisao sam motivaciju koja stoji iza potrebe za uvođenjem prosječne ciljane inflacije. Kako bi središnje banke dostigle svoje ciljeve, a unatoč činjenici da većinu vremena nismo na razini ciljane inflacije, uvele su prosječnu stopu inflacije. Zatim sam opisao strategiju ciljane inflacije i dvije vrste prosječne ciljane inflacije. Metoda računanja prosječne stope inflacije nije bila standardna pa sam opisao i metodu eksponencijalnog procesa pomičnog prosjeka koja se koristila u radu.

Konačno, nakon parametrizacije Novokeynesijanskog modela uspoređuju se rezultati provođenja dviju opisanih strategija u slučaju donje granice kamatne stope. Usporedio sam kretanje razine proizvodnje, inflacije, blagostanja društva te proizvodnog jaza nakon šoka. Također, napravljena je i analiza učestalosti dodira donje granice kamatne stope s obzirom na strategiju.

Poglavlje 1

Novokeynesijanski model

1.1 Pretpostavke modela

Današnji makroekonomski model kojeg ću opisati i koristiti u ovom diplomskom radu je Novokeynesijanski makroekonomski model. Temeljem Novokeynesijanskog modela Europska središnja banka i Američka središnja banka provode monetarnu politiku. Model koji ću koristiti je opisan 1999. godine u članku [5] te se koristi za modeliranje ekonomskih fluktuacija. Ovaj model monetarne politike eksplicitno koristi pretpostavku da efektivna donja kamatna stopa postoji. Teorijski se model razvio uz uvođenje tri nove ideje, odnosno obilježja: 1) uvođenje nominalnih varijabli (plaća, cijena i nominalne kamatne stope), 2) uvođenje nominalnih rigidnosti (samo određeni postotak poduzeća prilagođava cijene svojih proizvoda) te 3) napuštanje pretpostavke o savršenim tržištima proizvoda. Agenti u modelu imaju racionalna očekivanja što znači da agenti imaju točno određene sklonosti te za sebe odabiru optimalni očekivani ishod. Na temelju toga, ovaj model ima dvije osobine. Prva osobina je ta da promjene u provođenju monetarne politike imaju učinak na realne varijable. Druga osobina je ta da je odgovor ekonomije na svaki šok ovisan o pravilu monetarne politike koja se provodi od strane središnje banke. Druga nam osobina daje motivaciju za analizu alternativnih monetarnih politika pa se može napraviti istraživanje o uvođenju ciljane prosječne stope inflacije u monetarnoj politici.

1.2 Opis Novokeynesijanskog modela

Ovaj model, iako ima značajke standardnog IS-LM modela, je tip dinamičkog modela opće ravnoteže. Unutar ovog modela, monetarna politika u kratkom roku utječe na realnu ekonomiju, slično kao u standardnom IS-LM modelu. Razvoj modela prati članak [5].

Neka su y_t i z_t stohastičke komponente proizvodnje i prirodne razine proizvodnje u trenutku t (vrijednosti su logaritmirane). Razlika između stvarne i potencijalne razine proizvodnje naziva se proizvodni jaz, odnosno proizvodni jaz je razlika između proizvodnje određene potražnjom i proizvodnje određene ponudom. Proizvodni jaz označavati ću s x_t, a definirati kao $x_t = y_t - z_t$, u trenutku t.
Središnjoj banci je u cilju držati proizvodni jaz na nultoj razini, a to bi značilo da je trenutna proizvodnja jednaka prirodnoj razini proizvodnje. Prirodna razina proizvodnje definira se kao razina proizvodnje koju ekonomija postiže u dugom roku pri čemu je zaposlenost na svojoj prirodnoj razini odnosno ponuda i potražnja za radom su jednake. Neka je nadalje i_t nominalna kamatna stopa, a p_t razina cijene u trenutku t. Inflacija se u trenutku t definira kao postotna promjena u cijeni od trenutka $t-1$ do trenutka t.

Moguće je prikazati temeljni model iz sljedeće dvije jednadžbe:

$$x_t = -\phi(i_t - \mathbb{E}_t\,\pi_{t+1}) + \mathbb{E}_t\,x_{t+1} + g_t \tag{1.1}$$

$$\pi_t = \kappa x_t + \beta\,\mathbb{E}_t\,\pi_{t+1} + u_t \tag{1.2}$$

pri čemu g_t opisuje promjenu odnosno šok u potražnji, a u_t promjenu u ponudi. Prva jednadžba je fokusirana na IS krivulju koja nam prikazuje negativnu vezu između proizvodnog jaza x_t i realne kamatne stope, a druga je AS krivulja (koja je Phillipsova krivulja jer prikazuje pozitivnu vezu između inflacije π_t i proizvodnog jaza x_t). Promjene, koje su autokorelirane, mogu se opisati kao:

$$g_t = \mu g_{t-1} + \hat{g}_t \tag{1.3}$$

te

$$u_t = \rho u_{t-1} + \hat{u}_t \tag{1.4}$$

pri čemu za autokorelacijske koeficijente vrijedi $0 \leq \mu, \rho \leq 1$, a $\hat{g}_t$ i $\hat{u}_t$ su nezavisno jednako distribuirane slučajne varijable takve da vrijedi: $\mathbb{E}_t[\hat{g}_t] = \mathbb{E}_t[\hat{u}_t] = 0$, $Var(\hat{g}_t) = \sigma_g^2$ i $Var(\hat{u}_t) = \sigma_u^2$.
Primijetimo da su promjene u trenutku t definirane tako da ovise o promjenama u prošlom trenutku $t-1$ tako da su gornje dvije jednadžbe zapravo autoregresivni procesi reda 1 odnosno $AR(1)$ procesi.

Jednadžba (1.1) se dobiva iz loglinearizirane Eulerove jednadžbe potrošnje koja proizlazi iz optimalne odluke kućanstva o štednji. Potrošač odabire potrošnju koja maksimizira koristnost obzirom na njegov ograničeni dohodak Y_t. Sukladno tome, potrošač se u svakom trenutku t odlučuje o potrošnji C_t te o štednji $S_t = Y_t - C_t$. Na štednju S_t potrošač zarađuje realnu kamatnu stopu r_t ili plaća istu tu realnu kamatnu stopu na zaduživanje (ako ne štedi tj. $S_t < 0$). Budžetsko ograničenje je $C_t + S_t \leq Y_t$ i $C_{t+1} + S_{t+1} - S_t \leq Y_{t+1} + r_t S_t$.

Optimizacijski problem može se zapisati kao:

$$MaxU(t) = u(C_t) + \phi u(C_{t+1}), 0 < \phi < 1$$

pri čemu treba u obzir uzeti dohodovno ograničenje:

$$C_t + \frac{C_{t+1}}{1 + r_t} = Y_t + \frac{Y_{t+1}}{1 + r_t}$$

Funkcija utiliteta odnosno korisnosti je $u(C_t)$. Trebamo pretpostaviti kako je $u'(C_t) > 0$, što znači da je funkcija korisnosti rastuća funkcija te još jedna pretpostavka $u''(C_t) < 0$, što znači da je funkcija korisnosti rastuća po opadajućoj stopi. Zbog toga $u(C_{t+1})$ predstavlja diskontiranu korisnost od potrošnje u budućnosti, a parametar ϕ uz nju predstavlja diskontni faktor koji mjeri koliko je kućanstvo nestrpljivo prema današnjoj potrošnji. Prvi uvjet optimalnosti glasi:

$$u'(C_t) = \phi(1 + r_t)u'(C_{t+1})$$

Eulerova jednadžba nam pokazuje kako potrošač mora biti indiferentan između potrošnje jedne dodatne jedinice danas i štednje te potrošnje sutra. Diskontni faktor je ϕ, a to znači da što je niži ϕ to kućanstvo daje manji ponder budućoj potrošnji. Za $\phi = 1$, potrošaču jednako vrijedi potrošnja danas i potrošnja u budućnosti, a za $\phi > 1$ potrošać ima veću korisnost od potrošnje u budućnosti nego od potrošnje danas. Kućanstva biraju između potrošnje danas i potrošnje sutra tako da je granična korisnost potrošnje danas jednaka graničnoj korisnosti potrošnje sutra, uz dodatnu činjenicu da ušteđeni dohodak danas stvara $(1 + r)$ više dohotka sutra. Korištenjem uvjeta jednadžbe ravnoteže tržišta, odnosno uvjeta pri kojem je cijena takva da su potražnja i ponuda jednake:

$$Y_t = C_t + E_t \tag{1.5}$$

pri čemu je E_t državna potrošnja, loglinearizirana Eulerova jednadžba za potrošnju se može zapisati kao:

$$c_t = y_t - e_t = -\phi[i_t - \mathbb{E}_t \pi_{t+1}] + \mathbb{E}_t[y_{t+1} - e_{t+1}] \tag{1.6}$$

pri čemu je $e_t \equiv -log\left(1 - \frac{E_T}{Y_T}\right)$.

Korištenjem definicije proizvodnog jaza, mogu zapisati potražnju za proizvodnjom kao: $x_t = -\phi(i_t - \mathbb{E}_t \pi_{t+1}) + \mathbb{E}_t x_{t+1} + g_t$, tj. (1.1).

Kućanstvo treba odrediti kako alocirati svoj dohodak između potrošnje i štednje. Jednadžba (1.1) se razlikuje od tradicionalne IS krivulje zbog toga što trenutna proizvodnja ovisi o proizvodnji u budućnosti kao i o realnoj kamatnoj stopi. Zbog uključene očekivane proizvodnje u budućnosti, ta komponenta je bitna zbog fenomena izglađivanja potrošnje jer očekivanje da ćemo više potrošiti u budućnosti nas također vodi i prema povećanju sadašnje potrošnje što zapravo vodi prema povećanju sadašnje potražnje. Prisutnost realne kamatne stope nam daje svojstvo međuvremenskog supstitucijskog učinka. Kućanstva žele ujednačiti svoju potrošnju za vrijeme šokova. Također, ona i štede kada je realna kamatna stopa veća. Zbog toga primijećujemo negativnu vezu realne kamatne stope i proizvodnog jaza. Koeficijent ϕ je kamatna elastičnost IS krivulje odnosno interpretiramo ga kao međuvremensku elastičnost supstitucije. Promjenu u potražnji g_t interpretiramo kao šok u potražnji. Iteriranje jednadžbe (1.1) dobije se:

$$x_t = \mathbb{E}_t \sum_{i=0}^{\infty} \{-\phi[i_{t+1} - \pi_{t+1+i}] + g_{t+i}\} \tag{1.7}$$

Mogu primijetiti iz jednadžbe (1.7) da proizvodni jaz u trenutku t ovisi i o očekivanim vrijednostima realnih kamatnih stopa i o očekivanim šokovima u potražnji u budućnosti.

Phillipsova krivulja (1.2) proizlazi iz određivanja nominalne cijene prema Stanley Fischer-u (1977) i John Taylor-u (1980) kao što je opisano u članku [5].
Jednadžba (1.2) je Phillipsova krivulja jer imamo pozitivnu vezu između inflacije i proizvodnje u kratkom roku. Svako pojedinačno poduzeće će odrediti svoju cijenu iz nekog eksplicitnog optimizacijskog problema. Tipična tržišna struktura u kojoj se za početak nalazimo su monopolistička konkurencija pri čemu se suočavaju s ograničenjem na prilagodbu cijena. Poduzeće izabere nominalnu cijenu tako da maksimizira profit s obzirom na ograničenja i frekventnost budućih prilagodbi cijena. Prilagodba cijena je ovisna o vremenu pa određeni postotak poduzeća $\frac{1}{X}$ postavlja svoje cijene za sljedećih X perioda. Pretpostavka je da je broj perioda $X > 1$. Zbog raznih i povremenih prilagodbi, potrebno je pamtiti promjene i razine cijena koje su određene od strane poduzeća. Pratiti povijest razina cijena je puno jednostavnije ako prihvatimo pretpostavke koje je uveo Calvo (1983) u članku [4]. Ideja je da u svakom izabranom periodu svako poduzeće ima točno određenu

vjerojatnost $1-\theta$ da će prilagoditi cijenu tijekom tog perioda pa shodno tome i vjerojatnost θ da ne će prilagoditi cijenu u tom periodu, pri čemu je $0 \leq \theta \leq 1$. Još jedna pretpostavka je ta da je vjerojatnost θ neovisna o tome koliko je prošlo vremena od zadnje prilagodbe cijene. Stoga, prosječno vrijeme tijekom kojeg je cijena fiksna je dana s:

$$(1-\theta)\sum_{k=0}^{\infty} k\theta^{k-1} = \frac{1}{1-\theta}$$

Naprimjer, za $\theta = 0.75$, cijena će ostati nepromijenjena godinu dana, odnosno tijekom 4 kvartala. Iz toga možemo izvesti Phillipsovu krivulju. Pretpostavimo da su poduzeća identična u svemu osim u proizvodu kojeg proizvode i o povijesti prilagodbe cijena. Pretpostavimo i dodatno da je svako poduzeće suočeno s konvencionalnom konstantnom cjenovnom elastičnošću potražnje za svojim proizvodom. Zatim je moguće prikazati agregatnu cijenu p_t kao konveksnu kombinaciju cijene p_{t-1} i indeksne cijene p_t^*, cijena koju odaberu poduzeća koja mogu prilagoditi cijenu u trenutku t, pa dobivam sljedeću jednadžbu:

$$p_t = \theta p_{t-1} + (1-\theta)p_t^* \tag{1.8}$$

pri čemu je svaka varijabla prikazana kao postotna devijacija od stacionarnog stanja u kojem je inflacija jednaka nuli. Intuitivno bi trebalo biti jasno kako će $1-\theta$ poduzeća koja prilagođavaju cijenu u trenutku t odabrati cijenu p_t^* s obzirom na pretpostavku da su ta poduzeća identična, izuzev proizvoda kojeg proizvode. Dodatno, prema zakonu velikih brojeva, ostatak poduzeća koja ne prilagođavaju svoju cijenu u periodu t će ostaviti cijenu jednaku p_t.

Neka je mc_t^n nominalni granični trošak poduzeća u trenutku t i neka je β diskontni faktor. Tada se optimalnu indeksnu cijenu p_t^* koju određuje poduzeće u trenutku t, da bi maksimizirali očekivani diskontirani profit ovisno o vremenski određenim pravilima danom Calvo formulacijom, može zapisati kao:

$$p_t^* = (1-\beta\theta)\sum_{k=0}^{\infty}(\beta\theta)^k\,\mathbb{E}_t[mc_{t+k}^n] \tag{1.9}$$

Calvova formulacija vodi prema Phillipsovoj krivulji. Neka $\pi_t = p_t - p_{t-1}$ predstavlja inflaciju u trenutku t, a mc_t postotno odstupanje od realnog graničnog troška poduzeća od stacionarnog stanja. Korištenjem jednadžbi (1.8) i (1.9) moguće je izvesti formulu za inflaciju u obliku:

$$\pi_t = \lambda mc_t + \beta\,\mathbb{E}_t[\pi_{t+1}] \tag{1.10}$$

pri čemu je $\lambda = \frac{(1-\theta)(1-\beta\theta)}{\theta}$ i ovisi o dva parametra: učestalnosti prilagodbi cijena θ te o diskontnom faktoru β. Iteriranjem jednadžbe (1.10) dobije se jednadžba:

$$\pi_t = \lambda \sum_{k=0}^{\infty} \beta^k \, \mathbb{E}_t[mc_{t+k}] \tag{1.11}$$

te mogu zaključiti da bi inflacija trebala biti jednaka diskontiranom nizu očekivanih budućih graničnih troškova.

Iteriranjem jednadžbe (1.2) dobije se:

$$\pi_t = \mathbb{E}_t \sum_{i=0}^{\infty} \beta^i [\lambda x_{t+i} + u_{t+i}] \tag{1.12}$$

Mogu zaključiti da inflacija ovisi o sadašnjim ($i = 0$) te o budućim ekonomskim uvjetima ($i > 0$). Varijabla x_{t+i} predstavlja promjene u graničnim troškovima, a u_{t+i} predstavlja sve što može utjecati na očekivane granične šokove.

Kako bi dovršio model, trebam uvesti nominalnu kamatnu stopu kao instrument monetarne politike. Zbog toga što koristim nominalnu kamatnu stopu kao instrument monetarne politike, nije potrebno definirati ravnotežu na tržištu novca. Središnja banka prilagođava ponudu novca kako bi ostvarila ciljanu kamatnu stopu. U ovom slučaju, uvjet da je potražnja za novcem jednaka ponudi novca određuje vrijednost novčane mase novca koja ispunjava ovaj kriterij.
Uz privremenu nominalnu rigidnost, varirajući nominalnu kamatnu stopu, monetarna politika može učinkovito mijenjati razinu kratkoročne realne kamatne stope. Bitna su očekivanja i vjerovanja kako će središnja banka postaviti kamatnu stopu u budućnosti zbog toga što, prema pretpostavci modela, kućanstva i poduzeća imaju pristup pogleda unaprijed, odnosno u model su ugrađena i buduća očekivanja jer transmisijski mehanizam monetarne politike djeluje s vremenskim zaostajanjem. U ovakvom okruženju, onako kako monetarna politika treba izgledati i reagirati u kratkom roku na šokove koji su utjecajni na ekonomiju nije trivijalna odluka. Središnja banka ima za cilj minimizirati funkciju gubitka. Funkcija gubitka je izražena kao funkcija rizika. To bi značilo da želi minimizirati razliku proizvodnog jaza x_t i inflacije π_t od ciljanih vrijednosti. Za ciljanu vrijednost proizvodnje se uzima prirodna razina proizvodnje, a za ciljanu vrijednost inflacije ću imati prosječnu stopu ciljane inflacije koju ću definirati kasnije. Minimizacija funkcije gubitka je ekvivalentan postupak maksimiziranju funkcije cilja.
Za funkciju cilja pretpostavljamo da sadrži ciljane vrijednosti, maloprije spomenute, x_t i π_t

te je oblika:

$$max - \frac{1}{2}\mathbb{E}_t\left(\sum_{i=0}^{\infty}\beta^i[\alpha x_{t+i}^2 + \pi_{t+i}^2]\right) \tag{1.13}$$

pri čemu je α parametar koji nam govori kolika se težina, odnosno ponder, daje stabilizaciji proizvodnog jaza. Možemo zaključiti kako će središnja banka u svakom trenutku, odnosno periodu t odabrati dvije ciljane varijable x_t i π_t te nominalnu kamatnu stopu i_t koja je zapravo instrument monetarne politike središnje banke. Proces odabira se može podijeliti u dvije faze. U prvoj fazi središnja banka odabire x_t i π_t da bi maksimizirala funkciju (1.13) uz danu AS krivulju (1.2). U drugoj fazi određuje nominalnu kamatnu stopu i_t impliciranu IS krivuljom uz optimalne vrijednosti x_t i π_t određene u prvoj fazi. Kako dvije ciljane varijable iz prve faze ne ovise o prošlim vrijednostima, nego samo o budućim, funkciju cilja iz (1.13) mogu zapisati kao:

$$max - \frac{1}{2}[\alpha x_t^2 + \pi_t^2] + F_t \tag{1.14}$$

uz uvjet:

$$\pi_t = \lambda x_t + f_t \tag{1.15}$$

pri čemu je:

$$F_t = -\frac{1}{2}\mathbb{E}_t\left(\sum_{i=1}^{\infty}\beta^i[\alpha x_{t+i}^2 + \pi_{t+i}^2]\right) \tag{1.16}$$

i

$$f_t = \beta\,\mathbb{E}_t\,\pi_{t+1} + u_t \tag{1.17}$$

Iz prethodne dvije jednadžbe (1.16) i (1.17) mogu zaključiti kako buduća proizvodnja i inflacija nisu pod utjecajem današnjih akcija te da središnja banka ne može direktno manipulirati očekivanjima. Rješenje problema prvog stupnja za x_t je dobiveno iz izjednačavanja prve derivacije funkcije cilja (1.14) s nulom tj.

$$-\alpha x_t - \pi_t\lambda = 0$$

Trenutna inflacija je iskazana u (1.15) kao funkcija trenutnog prizvodnog jaza pa je zbog toga parametar λ uz trenutnu inflaciju iznad. Tada je rješenje jednako:

$$x_t = -\frac{\lambda}{\alpha}\pi_t \tag{1.18}$$

Rješenje iznad aludira da središnja banka provodi anticikličku restriktivnu monetarnu politiku. Kad god je inflacija π_t iznad ciljane, kamatna stopa se povećava da bi se smanjila razina potražnje. Koliko agresivno središnja banka treba smanjiti proizvodni jaz ovisi o dva parametra λ i α. Parametar λ predstavlja dobitak smanjenja inflacije po jedinici gubitka proizvodnje, a parametar α je ponder na gubitak proizvodnje. Kombiniranjem uvjeta optimalnosti odnosno prethodnog rješenja za x_t i jednadžbe (1.2) dobije se:

$$\pi_t = -\frac{\lambda^2}{\alpha}\pi_t + \beta\pi_{t+1} + u_t \tag{1.19}$$

Treba prepoznati diferencijsku jednadžbu kojoj tražim rješenje. Prvo tražim partikularno rješenje tako da sve indekse perioda izjednačim s jednim fiksnim periodom, npr. t. Također, prisjetimo se da je inflacija definirana kao autoregresivni proces reda 1 s koeficijentom ρ pa mogu zapisati:

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

i

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

sada mogu zapisati inflaciju π_t kao:

$$\pi_t = \alpha q u_t$$

pri čemu je $q = \frac{1}{\lambda^2+\alpha(1-\beta\rho)} > 0$.

Sljedeći korak bi bio uvrstiti dobiveni rezultat iznad za π_t u jednadžbu (1.18) pa ću dobiti:

$$x_t = -\frac{\lambda}{\alpha}\alpha q u_t$$
$$x_t = -\lambda q u_t$$

pri čemu je q definiran jednako kao i prije u radu.
Potrebno je još odrediti nominalnu kamatnu stopu i_t, a to mogu odrediti tako da dobivenu

vrijednost za x_t uvrstim u jednadžbu (1.1). Zbog pretpostavke kako su očekivanja racionalna mogu zaključiti da je $\mathbb{E}\, X_{t+1} = X_{t+1}$. Iz $x_{t+1} = -\lambda q u_{t+1}$, a iz $u_{t+1} = \rho u_t$ slijedi $x_{t+1} = -\lambda q \rho u_t$. Dobiveni rezultat za x_{t+1} sada mogu uvrstiti u jednadžbu (1.1) te dobivam:

$$
\begin{aligned}
-\lambda q u_t &= -\phi(i_t - \mathbb{E}_t\, \pi_{t+1}) - \lambda q \rho u_t + g_t \\
-\lambda q u_t + \lambda q \rho u_t &= -\phi(i_t - \mathbb{E}_t\, \pi_{t+1}) + g_t
\end{aligned}
$$

dijelim sve s $-\phi$ i dobivam:

$$
\frac{(1-\rho)\lambda q u_t}{\phi} + \frac{g_t}{\phi} + \mathbb{E}_t\, \pi_{t+1} = i_t \tag{1.20}
$$

Prethodni izraz bi trebalo drugačije zapisati. Iz $\pi_t = \alpha q u_t$ zaključujem $q u_t = \frac{\pi_t}{\alpha}$, a iz $\pi_{t+1} = \rho \pi_t$ i $\mathbb{E}\, \pi_{t+1} = \rho \pi_t$ zaključujem $\pi_t = \frac{\mathbb{E}\, \pi_{t+1}}{\rho}$. Tada se prethodni izraz (1.20) može zapisati kao:

$$
\left(1 + \frac{(1-\rho)\lambda}{\phi \alpha \rho}\right) \mathbb{E}_t\, \pi_{t+1} + \frac{g_t}{\phi} = i_t \tag{1.21}
$$

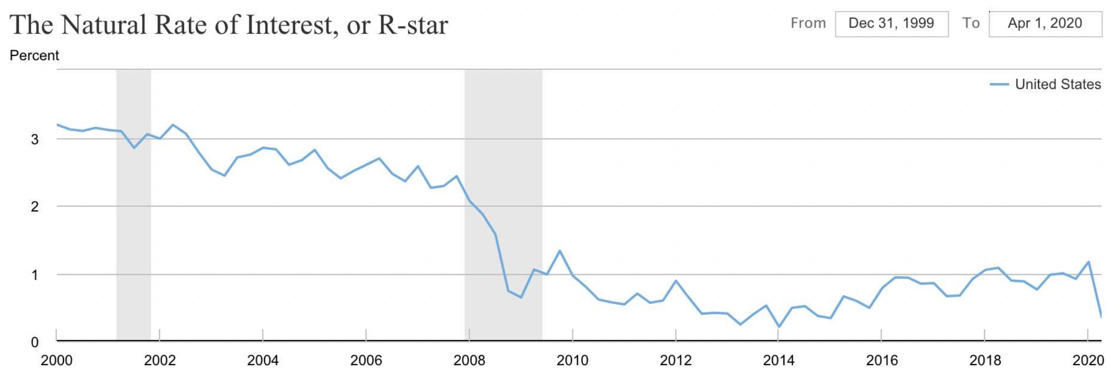
Ako supstituiram izraz $\gamma_\pi = \left(1 + \frac{(1-\rho)\lambda}{\phi\alpha\rho}\right) > 0$ dobit ću izraz $i_t = \gamma_\pi\, \mathbb{E}_t\, \pi_{t+1} + \frac{1}{\phi} g_t$.

Poglavlje 2

Prosječno ciljana inflacija

2.1 Motivacija

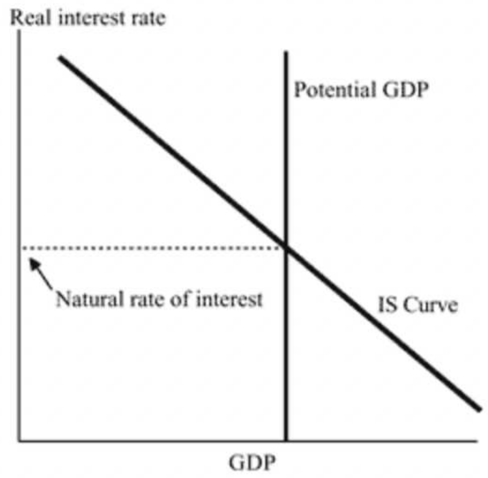
Kao što znamo još početkom 2000. godine su središnje banke pa tako i američka središnja banka (Fed) počele koristiti, odnosno integrirale su ciljanje inflacije kao dio strategije u svojoj monetarnoj politici. Tijekom zadnjih deset godina, monetarna politika u najrazvijenijim ekonomijama svijeta je sputana s niskim nominalnim kamatnim stopama te su razine inflacije ispod ciljane razine središnjih banaka. Strategija ciljane inflacije od 2% je uvedena da bi se ostvarila stabilnost cijena. Federalne rezerve imaju dva cilja, a to su maksimalna zaposlenost i stabilnost cijena. Kada se cilj stabilnosti cijena sukobi s ciljem maksimalne zaposlenosti tada "ni jedan cilj nema prednost pred drugim ciljem" (Clarida, 2019). Pogledajmo graf koji prikazuje kretanje prirodne kamatne stope r^*:



Slika 2.1: Kretanje prirodne kamatne stope - "r-star"

izvor: https://www.newyorkfed.org/research/policy/rstar

Ovaj pokazatelj je izračunat i prikazan prema modelu kojeg su 2003. Laubach i Williams napravili u članku [7]. Prirodna kamatna stopa r^* je definirana kao kamatna stopa koja prevladava kada ekonomija održava maksimalnu proizvodnju ili maksimalnu zaposlenost, pri čemu je inflacija konstantna. Također, r^* se definira i kao kamatna stopa koja se postiže u dugom roku. Pogledajmo iduću sliku:



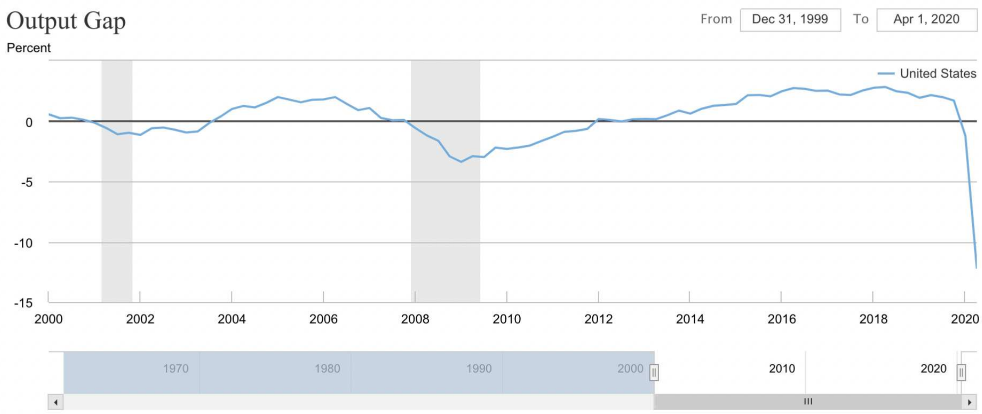
Slika 2.2: Definicija prirodne kamatne stope r^*

izvor: https://www.frbsf.org/economic-research/publications/economic-letter/2003/october/the-natural-rate-of-interest/subhead1

Prethodna slika prikazuje kako se određuje prirodna kamatna stopa. IS krivulja prikazuje negativnu vezu između proizvodnje i realne kamatne stope. Vertikalna linija prikazuje razinu prirodne razine proizvodnje, koja po pretpostavci nije povezana s realnom kamatnom stopom na ovom grafu. U presjeku IS krivulje i vertikalne linije, stvarna razina jednaka je prirodnoj razini proizvodnje, a kamatna stopa za koju se to postiže je prirodna kamatna stopa. Kao što je spomenuto u članku [7], kretanje r^* više utječe na investicije, potrošnju i globalni ekonomski rast nego što to čini nominalna kamatna stopa i_t. Graf na slici 2.1 prikazuje problem, a to je pad prirodne kamatne stope r^* kroz zadnjih 20 godina. Pad je najviše uočljiv nakon Velike recesije koja je započela 2007. godine.
Ovaj pokazatelj reprezentira općenito razinu rasta ekonomije, u ovom slučaju Sjedinjenih američkih država, trend realne kamatne stope te kretanje rasta realne proizvodnje u ekonomiji. Uočljiv je pad prirodne kamatne stope na slici 2.1.

Nailazimo tako na problem. Središnje banke odrede nominalnu kamatnu stopu s obzirom na realnu kamatnu stopu i stopu očekivane inflacije. Nominalna kamatna stopa ne može pasti na razinu manju od nule. Tada središnje banke žele smanjiti nominalnu kamatnu stopu kako bi potaknule potrošnju. Kao što možemo vidjeti na grafu, prirodna kamatna stopa je blizu nule te središnja banka nema dovoljno prostora smanjiti nominalnu kamatnu stopu što bi značilo da u ovakvim situacijama konvencionalna monetarna politika nije dovoljno dobra da bi eliminirala šokove pa ekonomija ulazi u stanje recesije. U stanju recesije dolazi do veće nezaposlenosti te opadanja razine inflacije. Kako razina inflacije ima dosta veliki ponder na inflatorna očekivanja, očekivana opadajuća inflacija će pridonijeti i smanjenju trenutne inflacije. To bi bio jedan od razloga zašto nam je poželjna viša očekivana inflacija u budućnosti, ali se to kosi s činjenicom da imamo monetarnu politiku kojoj je cilj imati inflaciju od 2%, a ne iznad ili ispod. Koje su alternative ciljanoj stopi inflacije od 2%? Jedna od alternativa je metoda prosječne stope inflacije od 2%. Glavna razlika između navedena dva pristupa je ta da nova metoda zahtjeva da Fed vodi računa o budućnosti jednako kao i o prošlosti. Glavna ideja je da ako razmišljamo o prošlosti u kojoj je prvo inflacija bila ispod 2%, moramo imati određeni vremenski period s inflacijom većom od 2%. Zbog toga je nastala ideja o strategiji prosječne stope inflacije koja ima "make-up" svojstvo o kojem ću pisati, a to svojstvo nam je vrlo zanimljivo i korisno u ovom slučaju. Misao vodilja je zapravo podići inflaciju tijekom "dobrih" vremena kada nema opasnosti od upadanja u zamku likvidnosti. Važni detalj kod ciljanja prosječne stope inflacije je koliko dugo u prošlost idemo da bi računali prosjek. Taj prosjek ne će biti standardni aritmetički prosjek, već eksponencijalni prosjek pomičnog procesa, koji će biti definiran kasnije. Možemo pogledati i kretanje prizvodnog jaza u SAD-u tijekom zadnjih 20 godina:

Najveća razlika trenutne stope proizvodnje od prirodne razine proizvodnje se može primijetiti početkom COVID-19 ekonomske krize, a nakon financijske krize i poslije 2009. možemo uočiti sporiji rast proizvodnog jaza iz godine u godinu.
U članku [1], ekonomisti su proučavali kako niska prirodna kamatna stopa u kombinaciji s nultom donjom granicom čini mnogo težu situaciju za Fed da bi uspostavio svoja dva cilja, a to su stabilizacija inflacije i ostvarivanje maksimalne zaposlenosti. Prisjetimo se slike 2.1 i grafa r^* pokazatelja koji je u stalnom padu. Niže razine r^* impliciraju niže razine za nominalnu kamatnu stopu pa tako i manje prostora za konvencionalnu monetarnu politiku. Ekonomisti su u članku [7] pokazali kako manje razine r^* u kombinaciji s nultom donjom granicom proizvode asimetriju u gubicima s kojom se nose nositelji monetarne politike ako naprave krive procjene razine r^*. "Gubici" su veći ako je procjena viša od stvarne razine r^* zbog toga što će monetarna politika biti restriktivnija nego što je potrebno pa će doći do smanjenja inflacije, a može i doći do neželjenih inflatornih očekivanja. Neželjena

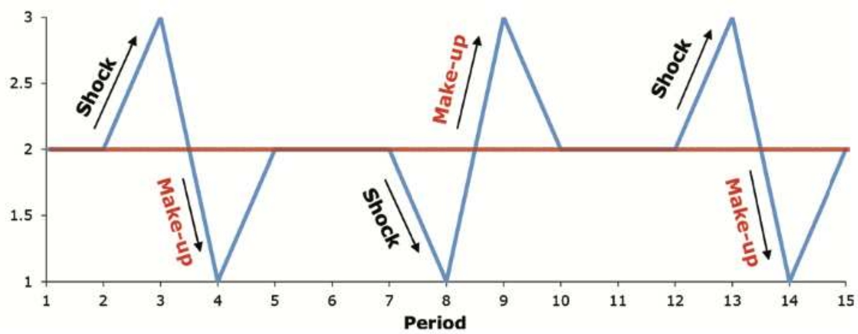


Slika 2.3: Kretanje proizvodnog jaza

izvor: https://www.newyorkfed.org/research/policy/rstar

očekivanja možemo shvatiti kao očekivanja koja nisu jednaka nekom zadanom cilju kojeg smo očekivali. U tom slučaju, dolazi do porasta nezaposlenosti, smanjenja inflacije te udaljavanja od ciljane očekivane inflacije.

Zašto preispitivati monetarnu politiku? Problem je što se može doći u zamku likvidnosti, a središnje banke će biti ograničene kako bi pokrenule ekonomski rast. Zbog toga je nastala ideja o "make-up" strategiji ciljane prosječne stope inflacije. Prosječno ciljanje inflacije ima taj dodatni atribut "make-up" strategije jer razdoblje u kojem je inflacija bila ispod ciljane stope od 2% mora nadomjestiti s razdobljem više buduće inflacije od 2%. To bi bilo to "make-up" svojstvo. Interesantna je sljedeća slika koja ilustrativno pokazuje to svojstvo:

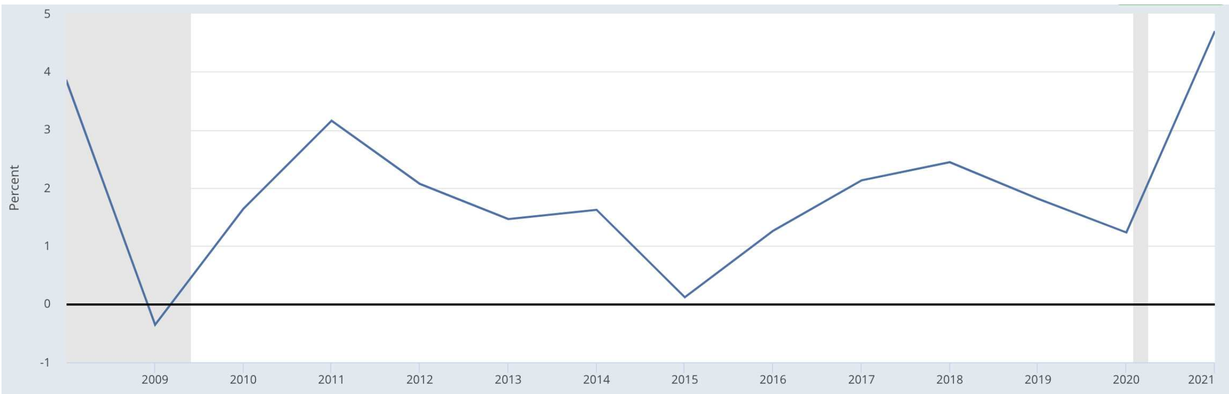


Slika 2.4: "Make-up" strategija ciljane prosječne inflacije (preuzeto iz [6])

"Make-up" strategija je zapravo korak u kojem moramo podići ili smanjiti razinu inflacije nakon što se desi šok kao što se vidi ilustrativno na slici 2.4.

U ovom diplomskom radu ću preispitati implikacije ciljane prosječne stope inflacije u opisanom modelu koji objašnjava prisutnost efektivne donje granice kamatne stope. Fokusirani smo na okruženje u ciljanju prosječne stope inflacije, koju ćemo nazivati "make-up" strategijom, jer minimalno odstupa od trenutne ideje ciljane stope inflacije i lakše ju je objasniti i priopćiti javnosti. Naime, svaka promjena izaziva znatiželju i zainteresiranost javnosti. Smatra se da "make-up" strategija s ciljanom prosječnom stopom inflacije ima dosta lako objašnjenje prema javnosti. Ova strategija dopušta da inflacija pada i raste iznad 2%, ali u prosjeku treba biti 2%. Prednosti "make-up" strategije proizlaze iz njezinog pristupa pogleda unaprijed, odnosno povezana je s efektom očekivanja buduće stope inflacije, koja je uključena u modelu. Naravno, strategija prosječne ciljane stope inflacije je dosta slična strategiji ciljanoj inflaciji i ne predstavlja revoluciju u monetarnoj politici nego samo željeni napredak do sada korištene strategije. Prosječno ciljanje inflacije može se shvatiti kao stabilizator inflacije kroz određeni period, a cilj je da dugoročno budemo u prosjeku na ciljanoj razini. To bi značilo da bi javnost trebala očekivati određeni period s inflacijom većom od 2% jer smo uporno bili na razini manjoj od 2%, što je trenutno cilj za inflaciju od strane središnjih banaka.
Naprimjer, zadnjih desetak godina imamo inflaciju na razini manjoj od 2%, pa bi mogli zaključiti da će središnja banka ciljati na inflaciju veću, za jednaku razinu, od 2%. Na taj način, poduzeća, kućanstva, investitori te financijska tržišta mogu očekivati inflaciju veću od 2% što ne bi bilo u cilju Fed-u jer se na taj način urušava ideja o prosječnoj stopi u kraćem roku. Fed bi mogao gledati period od zadnje $2-3$ godine te na taj način uzimati prosjek inflacije i ciljati da bude na ciljanoj razini. Moglo bi se reći i da se prosjek računa tijekom jednog poslovnog ciklusa. Problem za kućanstva, poduzeća, investitore te financijska tržišta je što im je teško prepoznati u kojem su trenutnom stadiju poslovnog ciklusa.

Možemo pogledati i graf kretanja inflacije u zadnjih 14 godina i potvrditi prethodnu misao:



Slika 2.5: Kretanje inflacije u USA 2008. - 2022. godine

izvor: https://fred.stlouisfed.org/series/FPCPITOTLZGUSA

Iako je bilo razdoblja kad je inflacija bila iznad 2%, puno više vremena nakon 2008. godine je ispod razine od 2%. Pošto je zadnjih desetak godina razina inflacija bila ispod prosječno ciljane stope od 2%, možemo očekivati veću razinu inflacije kroz idući period. Prateći period s manjom inflacijom periodom s većom inflacijom, politika prosječne stope inflacije je slična strategiji ciljanju razine cijena.

2.2 Prosječno ciljana inflacija

Kao što se vidi na grafu 2.1, pad prirodne kamatne stope r^* sugerira kako su središnje banke često ograničene donjom granicom nominalne kamatne stope te na taj način nisu u mogućnosti djelovati na negativne šokove u ekonomiji. Rezultat toga su postojana niska inflatorna očekivanja koja dodatna smanjuju mogućnost središnje banke da koristi monetarnu politiku kod reakcije na negativne šokove. U ovom radu koristim Novokeynesijanski model koji je ograničen donjom granicom nominalne kamatne stope. Glavno obilježje modela su agenti koji imaju pristup pogleda unaprijed. Inflacija je definirana preko Phillipsove krivulje prema kojoj inflacija raste s proizvodnim jazom i inflatornim očekivanjima. Proizvodni jaz je povezan s realnom kamatnom stopom koja je povezana s prirodnom kamatnom stopom i očekivanju o budućem prizvodnom jazu. Inflacija i proizvodni jaz proizlaze iz šokova koji su povezani sa šokovima u potražnji i ponudi. Šokovi su opisani kao nezavisne i jednako distribuirane slučajne varijable koje prate uniformnu distribuciju tijekom vremena. Središnje banke izaberu nominalnu kamatnu stopu. Važno je da središnje banke odaberu kamatnu stopu tako da se očekivanja o budućim ekonomskim aktivnostima mogu lako prilagoditi. Pravilo politike središnje banke usmjerava svoju pozornost na kamatnu stopu te se apstrahira od nekonvencionalne monetarne politike. Kao rezultat toga, središnja banka nije u mogućnosti potaknuti gospodarstvo na nijedan drugi način osim smanjenja nominalne kamatne stope do donje granice. Međutim, monetarna politika može utjecati na ekonomsku aktivnost i trenutne ekonomske uvjete kroz očekivanja, što je slično pristupu pogleda unaprijed kod agenata našeg modela. Kada je središnja banka ograničena donjom granicom kamatne stope, negativne šokove ponude i potražnje je teško neutralizirati. Zbog toga, optimalna politika će se povremeno susretati s donjom granicom kamatne stope koja dovodi do inflacije ispod ciljane razine (kada je r^* dovoljno niska), a vidjeli smo na slici 2.1 kako taj problem postoji još od zadnje financijske krize. Agenti u modelu u ovakvoj ekonomiji imaju niska inflatorna očekivanja. Niska inflatorna očekivanja ograničavaju ekonomiju zbog agentova pristupa pogleda unaprijed ugrađenog u Phillipsovu i IS krivulju, a vjerojatnost susreta ekonomije s donjom granicom kamatne stope se povećava. Zbog toga ću analizirati situaciju i korištenje prosječne ciljane stope inflacije. Viša razina inflacije tijekom "normalnih" odnosno dobrih vremena će se uprosiječiti kroz duži period te će društveni gubici biti manji. Fokus u analizi će biti na dugoročnu proizvodnju. Funkcija društvenog gubitka se može zapisati kao:

$$\Lambda = (1-\beta)\,\mathbb{E}_0[\sum_{t=0}^{\infty}\beta^t(\pi_t^2+\lambda x_t^2)] = (1-\beta)\sum_{t=0}^{\infty}\beta^t(\mathbb{E}_0[\pi_t]^2+Var_0[\pi_t]+\lambda(\mathbb{E}_0[x_t]^2+Var_0[x_t])) \tag{2.1}$$

pri čemu parametar $\lambda \geq 0$ predstavlja preferencije središnje banke. Ako je $\lambda = 0$, središnja banka općenito brine samo o stabilnosti inflacije π_t. Što je λ veća to središnja banka više brine o stabilnosti proizvodnog jaza x_t. Središnja banka odabere kratkoročnu nominalnu kamatnu stopu i_t te ima mogućnost obvezati se na monetarnu politiku koju su izabrali. Odabir monetarne politike je ograničen donjom granicom nominalne kamatne stope, pri čemu je $i^{LB} < r^*$. Središnja banka se stoga obvezuje za monetarnu politiku s obzirom na prethodno zapisanu funkciju gubitka (2.1). Kako bi počeli s provođenjem monetarne politike prosječne stope inflacije sigurno se pojavljuje jedno pitanje u mislima, a to je kroz koliko dugi period će se pratiti i računati prosječna inflacija? Je li je to period manji od godinu dana ili je to period od 5 ili od 10 godina? Zamislimo situaciju kako je stopa inflacije u prvoj polovici godine jednaka 1% i kako je period koji pratimo jednak godinu dana. To bi značilo, s obzirom na ciljani prosjek od 2%, da očekujemo inflaciju od 3% u idućoj polovici godine. To znači da je u modelu vrlo bitan ponder na ovisnost o povijesti i povijesnim podacima. Intuitivno, izgleda kako taj vremenski horizont ne bi trebao biti prevelik, odnosno da ne bi trebao biti duži od 10 kvartala.

Prema knjizi [6] pravilo ciljanja prosječne stope inflacije se može zapisati kao:

$$r_t = \bar{r} + \frac{\phi^\pi}{m} \sum_{k=0}^{m} \pi_{t-k} + \phi^x x_t \tag{2.2}$$

pri čemu je m broj perioda u prošlosti koje pratimo.

2.2.1 Ciljanje razine inflacije

U ovom odjeljku istražujem razne statične elemente monetarne politike. U nedostatku donje granice nominalne kamatne stope, središnja banka može postići optimalnu monetarnu politiku određujući svoju kamatnu stopu obzirom na trenutno stanje u ekonomiji. Trenutno stanje u ekonomiji se može u potpunosti opisati ostvarenom agregatnom ponudom i agregatnom potražnjom kao i očekivanjem o budućoj inflaciji. Optimalnu monetarnu politiku opisujem preko optimalne nominalne kamatne stope:

$$i_t^{opt} = \theta_0 + \theta_E \, \mathbb{E}_t \, \pi_{t+1} + \theta_\epsilon \epsilon_t + \theta_\mu \mu_t \tag{2.3}$$

pri čemu je $\theta_0 = r^*$, koeficijent očekivanja je $\theta_E = 1 + \frac{1}{\alpha\kappa} - \frac{\lambda\beta}{\alpha\kappa(\kappa^2+\lambda)}$, odgovori na šokove ponude i potražnje su $\theta_\epsilon = \frac{1}{\lambda}$ i $\theta_\mu = \frac{\kappa}{\lambda(\kappa^2+\lambda)}$. Kamatna stopa iz (2.3) može se izvesti iz Taylor-ovog pravila:

$$i_t^{opt} = \phi_0 + \phi_E \, \mathbb{E}_t \, \pi_{t+1} + \phi_\pi \pi_t + \phi_x x_t \tag{2.4}$$

Ako postavim koeficijente: $\phi_0 = r^*$, $\phi_E = \frac{\kappa(-\alpha\theta_\epsilon - \beta\theta_\mu + \theta_E) + (1-\beta)\theta_\epsilon}{\kappa(1-\alpha\theta_\epsilon)}$, $\phi_\pi = \frac{\theta_\mu}{1-\alpha\theta_\epsilon}$ i $\phi_x = \frac{\theta_\epsilon - \kappa\theta_\mu}{1-\alpha\theta_\epsilon}$

dobit ću optimalnu nominalnu kamatnu stopu iz (2.3).

Pod takvom monetarnom politikom, inflacija se može opisati pomoću:

$$\pi_t = \alpha\kappa(r^* - \theta_0) + (1 - \alpha\kappa\theta_\mu)\mu_t + \kappa(1 - \alpha\theta_\epsilon)\epsilon_t + (1 + \alpha\kappa - \alpha\kappa\theta_E)\,\mathbb{E}_t[\pi_{t+1}]$$

Kada uključim donju granicu u kamatnu stopu, pravilo monetarne politike koje može inkorporirati optimalnu monetarnu politiku pod diskrecijom zadano je prethodno opisanom optimalnom politikom pod diskrecijom s dodatkom ograničenja donje granice za kamatnu stopu:

$$i_t = \max(\theta_0 + \theta_E\,\mathbb{E}_t\,\pi_{t+1} + \theta_\epsilon\epsilon_t + \theta_\mu\mu_t, i^{LB}) \tag{2.5}$$

s istim vrijednostima za koeficijente kao u slučaju s nominalnom kamatnom stopom bez ograničenja donje granice kamatne stope u jednadžbi (2.3). Prethodni zapis se ponovno može zapisati u formi Taylor-ovog pravila:

$$i_t = \max(\phi_0 + \phi_E\,\mathbb{E}_t\,\pi_{t+1} + \phi_\pi\pi_t + \phi_x x_t, i^{LB})$$

Kako je problem niskih inflacijskih očekivanja u donjoj granici kamatnih stopa, gornja granica kamatnih stopa mogla bi pomoći u sidrenju inflacijskih očekivanja. Zbog toga razmatram modifikaciju monetarne politike tako da u jednadžbu (2.5) uvrstim i gornju granicu za nominalnu kamatnu stopu pa dobivam:

$$i_t = \min(\max(\phi_0 + \phi_E\,\mathbb{E}_t\,\pi_{t+1} + \theta_\epsilon\epsilon_t + \theta_\mu\mu_t, i^{LB}), i^{UB}) \tag{2.6}$$

Uz pretpostavku da samo povremeno dodirujemo donju ili gornju granicu kamatnih stopa, onda očekivanu inflaciju za period t mogu zapisati kao:

$$\mathbb{E}_t[\pi_t] = ((i^{UB} - i^{LB}) - 2\theta_\mu\hat{\mu}) + (1 + \alpha\kappa(1 - \theta_E))\,\mathbb{E}_t[\pi_{t+1}] + \alpha\kappa(r^* - \theta_0)$$

U ovoj slučaju, prosječna stopa inflacije ovisi o razini na kojoj je postavljena gornja granica za kamatnu stopu. Posebno je zanimljiva situacija kada su gornja i donja granica kamatne stope postavljene simetrično oko neutralne kamatne stope r^*. Pogledajmo sljedeći teorem.

Teorem 2.2.1 (Inflacijsko očekivanje uz gornju granicu kamatne stope)**.** *Ako je gornja granica kamatne stope postavljena simetrično obzirom na donju granicu oko neutralne kamatne stope r^* te je referentna kamatna stopa jednaka r^*, inflacijska očekivanja su na ciljanoj razini.*

Dokaz. Zbog simetrije, može se zaključiti da se gornja i donja granica povremeno dodiruju ili da se nijedna od granica ne dodiruju. Supstitucijom $\theta_0 = r^*$ i $r^* = \frac{1}{2}(i^{LB} + i^{UB})$ u gornji izraz za inflacijska očekivanja dobije se:

$$\mathbb{E}[\pi] = \frac{\alpha\kappa}{4\theta_\mu\hat{\mu}}(-2\theta_E\,\mathbb{E}[\pi])((i^{UB} - i^{LB}) - 2\theta_\mu\hat{\mu}) + (1 + \alpha\kappa(1 - \theta_E))\,\mathbb{E}[\pi]$$

Kao rezultat, imamo jednadžbu za inflacijsko očekivanje koja je linearna te je inflacijsko očekivanje od nule jednako jedinstvenom stacionarnom stanju, odnosno jedinstvenom ekvilibriju. U slučaju da ne dodirujemo donju i gornju granicu, inflacijska očekivanja su određena preko:

$$\mathbb{E}[\pi] = (1 + \alpha\kappa(1 - \theta_E))\,\mathbb{E}[\pi]$$

pa je inflacijsko očekivanje ponovno na ciljanoj razini. □

Optimalna kreditna politika kamatne stope pod diskrecijom reagira i na šokove u ponudi i u potražnji. Zbog stalnog dodira nominalne kamatne stope s donjom granicom, inflacijska očekivanja su ispod cilja. Središnja banka će smanjiti vjerojatnost susreta s donjom granicom kamatne stope ako manje reagira na šokove. To će učiniti smanjenjem parametara θ_μ i θ_ϵ, a ostale parametre ostavi nepromijenjene. Uz smanjeni odgovor na šokove (zbog smanjene vjerojatnosti da ćemo se približiti donjoj granici) imati ćemo veća buduća inflatorna očekivanja. Ova korist dolazi po cijeni neoptimalnog odgovara na šokove u sadašnjosti. Kako središnja banka ima kao cilj utjecati na inflatorna očekivanja dok u sadašnjosti reagira neoptimalno, nužna je predanost provedbi ovog pravila monetarne politike. Provođenje ovakvih monetarnih politika istražujem kroz dodatnu politiku prosječne ciljane stope inflacije.

2.2.2 Ciljanje prosječne razine inflacije

Prema knjizi [6] strategija prosječne ciljane razine inflacije se dijeli na dvije vrste. Prva je statična koja se temelji na ideji kako su inflatorna očekivanja konstanta kroz određeni vremenski period, a druga je dinamično Reifschneider-Williams pravilo u kojem se središnja banka uvjetuje na prošle promašaje u postavljanju kamatne stope u odnosu na unaprijed

određeno pravilo.
Prema Reischneider-u i Williams-u (2000.), središnje banke u slučaju statičnog ciljanja prosječne stope inflacije ostavljaju generalni oblik kamatne stope (2.5) netaknutim, ali mijenjaju dio koji se tiče člana θ_0. Podsjetimo se, mijenjanjem razine kamatne stope, središnja banka može postići svoj inflatorni cilj, u ovom slučaju cilj prosječne razine inflacije. Mogu zaključiti da će inflacijska očekivanja pasti na nulu odnosno dok god vrijedi sljedeća nejednakost, inflacijska očekivanja padaju na nulu:

$$\theta_0 = r^* - \left(\sqrt{r^* - i^{LB}} - \sqrt{\theta_\mu \widehat{\mu}} \right)^2 < r^* \tag{2.7}$$

Na taj način središnje banke drže inflaciju iznad inflatornog cilja kad god je postojana donja granica kamatne stope.

Propozicija 2.2.2. *Pravilo optimalne kamatne stope smanjuje θ_0 pod diskrecijom tako da je prosječna razina inflacije iznad ciljane i ostavlja reakcije na šokove ponude i potražnje nepromijenjene.*

Propozicija sadrži dvije bitne karakterizacije optimalnog pravila kamatne stope. Kao prvo, središnja banka želi smanjiti θ_0 kad god nije ograničena kako bi pružila dodatni poticaj u odnosu na optimalnu monetarnu politiku pod diskrecijom. Središnja banka smatra optimalnim smanjiti θ_0 do razine na kojoj je prosječna ciljana razina inflacije iznad ciljane razine tako da bi kompenzirala asimetriju između inflacije i proizvodnog jaza. Drugo, kada središnja banka postavi θ_0, optimalni odgovor na šokove je jednak monetarnoj politici pod diskrecijom. Prema tome, nema nikakve koristi od praćenja samo ekspanzivne politike. Središnja banka povećanjem inflacijskih očekivanja smanjuje šokove. Ove dvije konstatacije pokazuju kako ciljanje prosječne stope inflacije dominira nad ekspanzivnom monetarnom politikom i pridonosi blagostanju u ekonomiji. Nadalje, fokusiram se na slučaj kada središnja banka ima za cilj određenu prosječnu stopu inflacije dok ostale koeficijente u pravilu određivanja kamatne stope ostavlja nepromijenjenima u odnosu na slučaj pod diskrecijom.

Pogledajmo slučaj dinamičnog ciljanja prosječne razine inflacije. Kako bi mogao primijeniti sljedeću ideju, moram definirati referentnu kamatnu stopu na isti način kao u (2.5). Ideju su prvo iznijeli Reifschneider i Williams (2000.) godine, a to je da središnja banka treba pamtiti i pratiti svoje promašaje u prošlosti s obzirom na željenu kamatnu stopu u odnosu na polazno pravilo za donju granicu kamatne stope. Promašaje kamatne stope od referentne kamatne stope mogu pamtiti u varijabli z_t pa proces praćenja mogu zapisati kao:

$$z_t = \rho z_{t-1} + i^{ref}_{t-1} - i_{t-1} \tag{2.8}$$

gdje je i_t trenutna nominalna kamatna stopa i i^{ref}_t je referentna kamatna stopa. Zbog toga moram ponovno definirati (2.5) tako da bi uzeli u obzir i prošle promašaje:

$$i_t = \max(\theta_0 + \theta_E\,\mathbb{E}_t[\pi_{t+1}] + \theta_\mu \mu_t + \theta_\epsilon \epsilon_t + \theta_z z_t, i^{LB}) \tag{2.9}$$

Referentna kamatna stopa je definirana kao i prije, ali bez prisustva donje granice kamatnih stopa i uvjetovanja na prošle promašaje. Sve koeficijente vezane uz kamatne stope ostavljam nepromijenjenima u odnosu na optimalnu politiku pod diskrecijom.

Posebno su zanimljiva sljedeća dva slučaja: prvo ako je koeficijent $\theta_z = 0$ tada imamo jednak slučaj kao u (2.4), a drugo ako je $\theta_z = \rho = 1$, tada su prošli promašaji opisani do isteka idućeg perioda. Koeficijent θ_z mogu interpretirati kao udio prošlih promašaja koje će središnja banka ispraviti svaki put kad nije ograničena s donjom granicom kamatne stope. Koeficijent ρ govori koliki udio prošlih promašaja mora biti ispravljen te nam $\rho = 1$ govori kako svi prošli promašaji moraju biti ispravljeni. S obzirom na jednadžbu (2.9), inflacijska očekivanja će se prilagođavati dinamički. Tijekom perioda kada je donja granica kamatne stope postojana, inflacijska očekivanja će biti veća. To bi značilo, da će se dinamična definicija kamatne stope u (2.7) ponašati kao stabilizator kamatne stope tijekom perioda s visokom očekivanom inflacijom jer u tom trenutku središnje banke ne mogu potaknuti ekonomiju kroz postojeći uobičajeni korak monetarne politike. Reifschneider-Williams pravilo nam prikazuje inflacijsko očekivanje kao funkciju kumulativnih smanjenih kamatnih stopa.
Sljedeća lema nam kaže kako je uz određene koeficijente, prosječna vrijednost inflacije jednaka ciljanoj vrijednosti.

Teorem 2.2.3 (Prosječna razina inflacije pod Reifschneider-Williams okruženju)**.** *Za koeficijente $\theta_t = \rho = 1$, prema Reifschneider-Williams pravilu, prosječna razina inflacije je jednaka ciljanoj inflaciji.*

Dokaz. Iteriranje IS krivulje iz jednadžbe NK modela za proizvodni jaz se dobije:

$$x_t = \epsilon_t - \alpha \sum_{s=t}^{\infty} \mathbb{E}_t[i_s - \mathbb{E}_s\,\pi_{s+1} - r^*]$$

Ako na gornju jednadžbu djelujem s bezuvjetnim očekivanjem, dobijem:

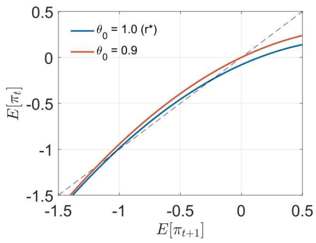
$$\mathbb{E}\, x_t = -\alpha \sum_{s=t}^{\infty} \mathbb{E}[i_s - \mathbb{E}_s\, \pi_{s+1} - r^*]$$

Iz činjenice da referetna kamatna stopa i_t^{ref} ima r^* kao presjek te se svi zaostaci u smanjenju kamatnih stopa nadoknađuju u budućnosti, prema Reifschneider-Williams pravilu, prosječna nominalna kamatna stopa jednaka je r^*. Ako u prethodnu jednakost uvrstim $\mathbb{E}[i_s] = \mathbb{E}[i_s^{ref}] = r^*$, dobit ću jednadžbu za očekivani proizvodni jaz:

$$\mathbb{E}\, x_t = \alpha \sum_{s=t}^{\infty} \mathbb{E}[\pi_{s+1}]$$

Jedino moguće rješenje je kada je prosječna stopa inflacije na ciljanoj razini, a to je $\mathbb{E}[\pi_s] = 0$. □

Razlog za rezultat u gornjoj lemi je da se propuštena smanjenja kamatnih stopa, a time i "manjkovi" inflacije, zbog donje granice nadoknađuju jedan za jedan u budućnosti. Kamatna stopa je stoga, prema dizajnu opisanom u prethodnom dokazu, postavljena na istoj prosječnoj razini kakva bi bila u okviru optimalne monetarne politike pod diskrecijom u nedostatku donje granice, u slučaju kada su inflacijska očekivanja na ciljanoj razini.
Prema Reifschneider-Williams-ovim pravilima, prošli propusti u inflaciji se ne moraju nadoknaditi osim ako nisu proizašli iz nemogućnosti smanjenja referentne kamatne stope. Negativan šok ponude djelomično će se prenijeti na inflaciju, ali se ne mijenja budući stav monetarne politike osim ako ne uzrokuje smanjenje referentne stope na donju granicu.
U prvom slučaju statičnog ciljanja prosječne razine inflacije, prilagođavanjem razine kamatnih stopa tako da prosječna inflacija bude na ciljanoj razini, inflatorna očekivanja padaju u zamku likvidnosti. Pogledajmo idući prikaz:



Slika 2.6: Očekivana inflacija u sadašnjem periodu kao funkcija očekivane inflacije u sljedećem periodu (preuzeto iz [6])

Slika prikazuje funkciju očekivane inflacije u odnosu na očekivanu inflaciju u sljedećem periodu. Funkcija je određena sljedećim koeficijentima: $\alpha = 1.25, \kappa = 0.8, \beta = 0.99, r^* = 1, \lambda = 0.25$ i $i^{LB} = 0.5$. Koeficijent u funkciji šoka ponude je $\hat{\mu} = 3.3$, a koeficijent u funkciji šoka potražnje je $\hat{\epsilon} = 0$. Presjek crvene i plave linije s krivuljom $y = x$ koja je reprezentirana sa sivom isprekidanom crtom su stanja ravnoteže. Prethodno definirani koeficijenti, izvedeni su iz optimalne monetarne politike pod diskrecijom, prema knjizi [6], a koeficijent θ_0 je jednak 0.9 i 1, kao što se vidi na prethodnoj slici.
Središnja banka bi se trebala obvezati na pravila koja povećavaju inflatorna očekivanja. U ekonomskom okruženju s nultom donjom granicom za kamatnu stopu, takva politika sprječava središnju banku da smanji kamatne stope kao odgovor na šokove u potražnji i ponudi, jer će postojati periodi kada će morati smanjiti stopu ispod nule. Takva politika dovodi do nižih inflacijskih očekivanja. Obvezujući se na pravilo politike, središnja banka može povećati ta inflatorna očekivanja. Ukoliko krenemo od optimalnog monetarnog pravila, otkrit ćemo da postoje drugačije monetarne politike koje jednostavno manje reagiraju na šokove potražnje i ponude. Alternativno pravilo je statično ciljanje prosječne inflacije, što se prevodi kao jednostavno korištenje nižeg presjeka u Taylorovom pravilu. Reifschneider-Williams-ovo pravilo bi bila još jedna alternativa klasičnim monetarnim politikama, koja odgovara na prošla odstupanja od cilja inflacije te je stoga to dinamičko pravilo.
U opisanom i korištenom Novokeynesijanskom modelu, nominalna kratkoročna kamatna stopa je stopa prinosa na štednju agenata. Ako bi razina te kamatne stope pala na nulu, agenti će povući svoj novac sa štednje i čuvati novac "kod kuće". Zbog toga vjerujemo da postoji donja granica za kratkoročnu nominalnu kamatnu stopu.

2.3 Rezultati modela

U knjizi [6] je navedeno par pitanja koja se često spominju uz strategiju prosječne ciljane razine inflacije. Kroz koliko dug period ćemo računati i ciljati prosječnu inflaciju? Je li ova strategija uopće funkcionira ako se svi agenti u ekonomiji oslanjaju na prošle događaje, a ne na buduća očekivanja jer većina toga u modelu ovisi o budućim očekivanjima. Je li bitno da kućanstva sudjeluju na financijskim tržištima? Može li se vjerovati u prosječno ciljanje inflacije? Je li ova strategija treba biti privremena ili bi se trebala provoditi kroz puno duži period? Kako bi počeo s provođenjem kreditne politike prosječne stope inflacije pojavljuje mi se jedno pitanje, a to je kroz koliko dugi period ću pratiti i računati prosječnu inflaciju? To bi značilo da je bitno koliko ću u obzir uzimati povijesne podatke, odnosno s kolikim ponderom. S obzirom na učestalnost i jačinu šokova te prosječnog trajanja perioda s efektivnom donjom kamatnom stopom mogu očekivati kako će stupanj ovisnosti o povijesti biti dosta visok, iako to prvotno nije nužno bio cilj. U mojoj analizi ću odrediti optimalni stupanj ovisnosti o povijesnim podacima tako da maksimiziram blagostanje kućanstava ovisno o ograničenjima u ekonomskom okruženju, uključujući i efektivnu donju granicu kamatne stope. Prema članku [2], Amano, Gnocchi i Leduc (2019) su koristili sljedeći model:

$$i_t = r_t + \phi \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n} (\pi_{t-k} - \bar{\pi})$$

pri čemu je prosječna inflacija izračunata kroz period od šest kvartala. U ovom modelu i korištenjem prethodnog izraza za određivanje nominalne kamatne stope, 20% kućanstava nema pristup financijskim tržištima, a 75% poduzeća nema pristup pogleda unaprijed te se u 20% vremena nalazimo na donjoj granici kamatne stope. Pomoću tih ulaznih koeficijenata, središnja banka pokušava doseći inflatorni i proizvodni cilj, odnosno pokušava inflacijski i proizvodni jaz svesti na nulu. U članku spomenutom iznad i uz navedene koeficijente, došlo se do optimalnog rezultata za ovisnost o povijesnim podacima. Drugim riječima, optimalno vrijeme za koje računam prosječnu razinu inflacije je šest kvartala. Klasični šok koji se može dogoditi je šok u potražnji, proizvodnja padne, inflacija raste, a oporavak je spor zbog toga što se nalazimo blizu zamke likvidnosti. Usporedit ću utjecaj ciljanja inflacije i prosječnog ciljanja inflacije u ovom slučaju. Pogledajmo rezultate:

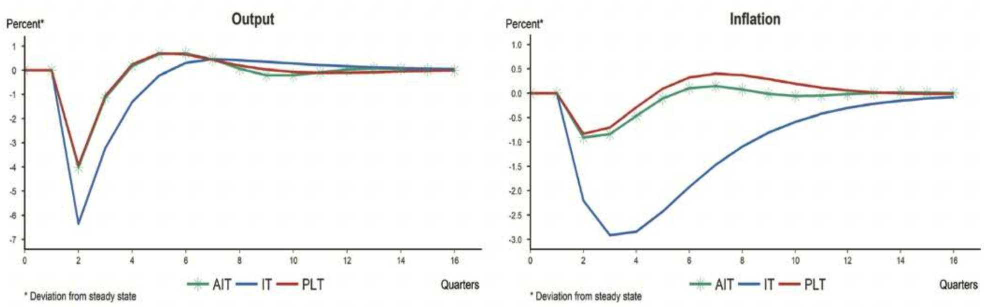
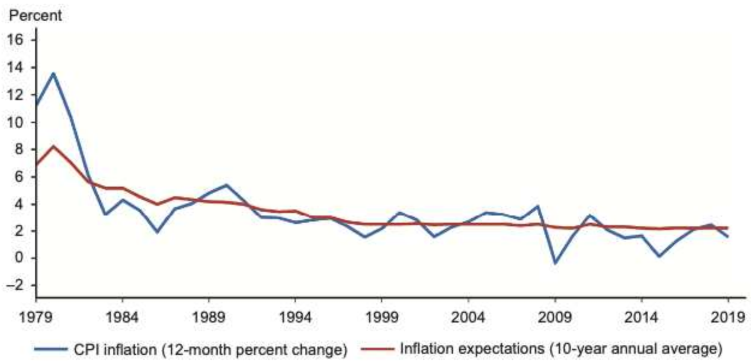


FIGURE 10.5. Simulated Effects of Monetary Policy Frameworks
Source: Amano, Gnocchi, and Leduc (2019)

Slika 2.7: Usporedba ciljane inflacije i prosječne ciljane inflacije na prozvodnju i inflaciju (preuzeto iz [6])

Može se primijetiti da se zelena linija (linija koja predstavlja strategiju ciljane prosječne razine inflacije) kod proizvodnje brže vraća na razinu prije šoka nego u drugim slučajevima.

Zbog inflacijskog očekivanja i pretpostavke u Novokeynesijaskom modelu da agenti imaju pristup pogleda unaprijed, inflacija se puno brže vraća na razinu prije šoka u slučaju ciljane prosječne razine inflacije. Agenti u ekonomiji znaju da će se, u ovom slučaju, Fed obvezati na prosječnu razinu inflacije i da će cilj biti imati prosječnu stopu inflacije od 2%. U tom primjeru vidimo ovu metodu kako radi kao inflacijski stabilizator, a to svojstvo smo već spomenuli. Inflacija se nije toliko smanjila zbog toga što znamo kako će se ponovno povećati te šok koji se dogodio nema toliki utjecaj na razinu i određivanje cijena. Šok se svakako očekuje, ali je on u ovom slučaju manji. Povijest pokazuje kako se Fed drži svojih ciljeva i da ih se trudi ispuniti. Treba imati na umu i da sam pretpostavio kako smo samo povremeno u dodiru sa zamkom likvidnosti. Ako se desi slučaj da smo u dodiru sa zamkom likvidnosti tijekom dvije do tri godine, onda se i period tijekom kojeg računamo prosječnu razinu inflacije povećava na dvije do tri godine. Problem kod ovog načina je i da ponekad moramo imati veću inflaciju. To nije dobro iz dva razloga. Prvi je taj da stanovništvo to baš i ne prihvaća. Drugo, možda i ne će biti perioda kada će biti moguće povećati inflaciju. Inflacija se najčešće računa pomoću pokazatelja koji se naziva indeks potrošačkih cijena, "CPI". Razina indeksa potrošačkih cijena je do 2019. godine općenito pratila razinu očekivane inflacije. Pogledajmo sljedeću sliku:



Slika 2.8: Graf "CPI" i očekivane inflacije 1979. - 2019. (preuzeto iz [6])

Na grafu se može vidjeti kako postoji duga vremenska komponenta koja je potrebna da bi se inflacijska očekivanja poklopila s razinom inflacije. Kredibilitet kojeg središnja banka treba stvoriti traje dugo, a gubi se lako.

Podsjetimo se, središnja banka kontrolira nominalnu kamatnu stopu i_t i djeluje pod diskrecijom. Također, podsjetimo se i funkcije cilja koju sam maksimizirao (1.13), ali ću ju sad zapisati na drugačiji način prateći izvod u članku [3]:

$$V_t^{CB} = -\frac{1}{2}\,\mathbb{E}_t \sum_{j=0}^{\infty} \beta^j [\hat{\pi}_{t+j}^2 + \lambda^{CB}(\omega x_{t+j})^2] \tag{2.10}$$

pri čemu je

$$\hat{\pi}_{t+j} = \omega\pi_{t+j} + (1-\omega)\hat{\pi}_{t+j-1}, \tag{2.11}$$

gdje je $\omega \in [0, 1]$ i $\lambda^{CB} = \frac{\kappa}{\theta} >= 0$.
Nagib Phillipsove krivulje prezentira parametar κ koji je zapravo jednak $\kappa = \frac{(1-\phi)(1-\phi\beta)}{\phi(1+\eta\theta)}(\sigma^{-1}+\eta)$ pri čemu je $\eta > 0$ inverz elastičnosti ponude rada, a θ je cjenovna elastičnost potražnje.

Ono što je do sada središnja banka radila je standardno ciljanje inflacije, a standardno ciljanje inflacije se dobije za $\omega = 1$. Kada je $\omega = 1$, monetarna politika prati standardnu fleksibilnu inflacijsku strategiju kojom središnja banka želi stabilizirati inflacijsku stopu π_t i proizvodni jaz x_t od perioda do perioda.

Za $\omega \in \langle 0, 1\rangle$, monetarna politika prati strategiju prosječnog ciljanja inflacije. U tom slučaju, središnja banka želi stabilizirati eksponencijalni proces pomičnog prosjeka stope inflacije $\hat{\pi}$, koji je definiran u (2.11). Definiranjem prosječne inflacije kao eksponencijalni proces pomičnog prosjeka, a ne kao standardni aritmetički prosjek, pojednostavljuje broj varijabli i prema tome olakšava rješavanje modela. Eksponencijalni proces pomičnog prosjeka je tip procesa pomičnog prosjeka koji više težine daje novijim podacima. Eksponencijalni proces pomičnog prosjeka se računa na način:

$$EMA = k \cdot (T - P) + P$$

pri čemu je $k = \frac{2}{m+1}$ ponder i m je broj perioda koliko idemo u povijest, T je trenutna cijena, a P je vrijednost eksponencijalnog procesa pomičnog prosjeka iz prošlog perioda.

Na taj način, ponderiranjem proizvodnog jaza u funkciji cilja središnje banke s parametrom pomičnog procesa ω, osiguravam da promjene parametra ω ne utječu na ponder kod x_t^2 u

odnosu na ponder kod π_t^2.
U svakom periodu t, središnja banka kao dio svoje monetarne politike bira ciljanu razinu inflacije π_t, ciljanu prosječnu razinu inflacije $\hat{\pi}_t$, proizvodni jaz i nominalnu kamatnu stopu da bi maksimizirala funkciju cilja (2.10). Funkcija cilja je podložna ograničenjima ponašanja privatnog sektora, definiciji prosječne razine inflacije (2.11) i ograničenja donje granice $i_t \geq 0$, tako da su vrijednosti u idućem periodu $t+1$ dane. Zato imamo maksimizacijski problem:

$$
\begin{aligned}
V^{CB}(\hat{\pi}_{t-1}, r_t^n) = \max_{\pi_t, x_t, i_t, \bar{\pi}_t} -\frac{1}{2}[\hat{\pi}_t^2 + \lambda^{CB}(\omega x_t)^2] + \beta\, \mathbb{E}_t\, V^{CB}(\hat{\pi}_t, r_{t+1}^n) \\
+\phi_t^{PC}[\pi_t - \beta\, \mathbb{E}_t\, \pi(\hat{\pi}_t, r_{t+1}^n) - \kappa x_t] \\
+\omega^2 \phi_t^{EE}[x_t - \mathbb{E}_t\, \pi(\hat{\pi}_t, r_{t+1}^n) + \sigma(i_t - \mathbb{E}_t\, \pi(\hat{\pi}_t, r_{t+1}^n) - r_t^n)] \\
+\omega^2 \phi_t^{LB} i_t \\
+\phi_t^{AI}[\hat{\pi}_t - \omega \pi_t - (1-\omega)\hat{\pi}_{t-1}]
\end{aligned}
$$

pri čemu su ϕ_t^{PC}, $\omega^2\phi_t^{EE}$, $\omega^2\phi_t^{LB} \geq 0$, ϕ_t^{AI} Langrangeovi multiplikatori i $\pi(\bar{\pi}_t, r_{t+1}^n)$, $x(\bar{\pi}_t, r_{t+1}^n)$ karakteriziraju ravnotežna stanja koja središnje banke žele postići u idućem periodu $t+1$, uvjetno na iznos prirodne realne kamatne stope r_t^{n+1}.

Rješenje prethodnog definiranog optimizacijskog problema mogu zapisati kao:

$$\{V^{CB}(\cdot), \pi(\cdot), \bar{\pi}(\cdot), x(\cdot), i(\cdot)\}$$

to je ravnotežno stanje koje je defnirano kao skup vremenski nepromjenjivih vrijednosti.
Društveno blagostanje ekonomije za određenu strategiju monetarne politike ω u terminima potrošnje koja bi učinila kućanstva u hipotetskoj ekonomiji bez ikakvih šokova ravnodušnima prema životu u stvarnoj stohastičkoj ekonomiji dobijemo kao:

$$W = (1-\beta)\frac{\theta}{\kappa}(\sigma^{-1} + \eta)\, \mathbb{E}[V]$$

pri čemu je matematičko očekivanje $\mathbb{E}[V]$ uzeto kao bezuvjetna distribucija prirodne realne kamatne stope u sadašnjem trenutku r_t^n, a V je jednak kao u jednadžbi (2.10).

Prije provođenja analize, potrebno je analitički proučiti najbitnija svojstva metode ciljane prosječne razine inflacije. Rješavanjem opisanog optimizacijskog problema središnje banke nailazim na iduće uvjete prvog reda:

$$\pi_t = -(1-\omega)\frac{\hat{\pi}_{t-1}}{\omega} + \frac{\beta(1-\omega)}{\kappa\sigma}(\mathbb{E}_t\,\phi_{t+1}^{LB} + \lambda^{CB}\sigma\,\mathbb{E}_t\,x_{t+1}) + A_{LB}(\hat{\pi}_t)\phi_t^{LB} + A_y(\hat{\pi}_t)x_t \tag{2.12}$$

gdje su

$$A_y(\hat{\pi}_t) \equiv \left(\beta\frac{\partial\,\mathbb{E}_t\,\pi_{t+1}}{\partial(\hat{\pi}_t/\omega)} - 1\right)\frac{\lambda^{CB}}{\kappa}$$

i

$$A_{LB}(\hat{\pi}_t) \equiv \left(\frac{\beta}{\kappa}\frac{\partial\,\mathbb{E}_t\,\pi_{t+1}}{\partial(\hat{\pi}_t/\omega)} - \frac{1}{\kappa} + \frac{\partial\,\mathbb{E}_t\,x_{t+1}}{\partial(\hat{\pi}_t/\omega)} + \sigma\frac{\partial\,\mathbb{E}_t\,\pi_{t+1}}{\partial(\hat{\pi}_t/\omega)}\right)\sigma^{-1}$$

Kada je $\omega < 1$, monetarna politika je pod utjecajem dva uvjeta kojih nema pod standardnim ciljevima razine inflacije. Prvi uvjet je utjecaj na povijesne podatke, a on je prikazan kao prvi član u (2.12) i čini razinu inflacije u trenutku t rastućom funkcijom prošlih inflacijskih manjaka koje su reprezentirane simbolom $\hat{\pi}_{t-1}$, a drugi motiv je donja granica za rizik koja je iskazana pomoću drugog člana u (2.12) i prikazuje razinu inflacije kao rastuću funkciju očekivanog multiplikatora za donju granicu, $\mathbb{E}_t\,\phi_{t+1}^{LB}$. To je mjera koja prikazuje rizik da kamatna stopa dotakne donju granicu u idućem periodu. Razmislimo na primjer ukoliko očekujemo višu inflaciju u trenutku t da to ima utjecaj na inflaciju u periodu $t-1$ i i ublažava prosječni manjak inflacije u razdoblju t.

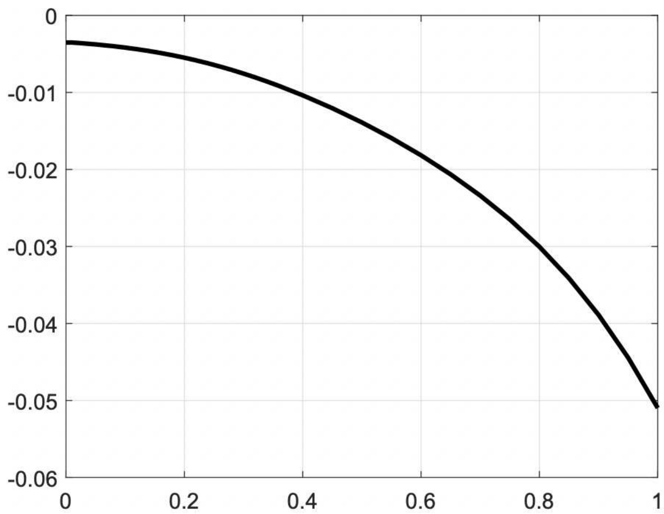
Ukoliko pretpostavim da je $\hat{\pi}_{t-1}$ približna jednako nuli uz dodatnu pretpostavku u kojoj ograničenje s obzirom na donju granicu već dugo nije dotaknuto, tada sadašnja razina inflacije iz perioda u period ovisi samo o očekivanom Lagrangeovom multiplikatoru povezan s ograničenjem donje granice kamatne stope. Kada postoji pozitivna vjerojatnost da dotaknemo donju granicu kamatne stope, $\mathbb{E}_t\,\phi_{t+1}^{LB} > 0$, središnja banka cilja na veću razinu inflacije nego na što bi ciljala u nedostatku rizika da se dotakne donja granica. Provođenjem striktno pozitivne razine inflacije kada donja granica nije dotaknuta, središnja banka ublažava pad prosječne stope inflacije u sljedećem periodu u slučaju da dotaknemo donju granicu.
Usporedbe radi, nakon velikog recesijskog šoka, nominalna kamatna stopa i_t se smanjuje,

a središnja banka koja koristi strategiju prosječne ciljane razine inflacije održava nisku kamatnu stopu dulje nego središnja banka koja koristi standardno ciljanu razinu inflacije. Stoga se stvara privremeno prekoračenje buduće očekivane inflacije koja pomaže ublažiti pad proizvodnje i inflacije pri donjoj granici.

Sljedeći rezultati dolaze iz članka [3]. Promatrat ću kako strategija prosječne ciljane razine inflacije djeluje na blagostanje društva i ekonomiju u opisanom NK modelu u kojem agenti imaju racionalna očekivanja te je ograničenje donje granice nominalne kamatne stope postojeće. Parametrizacija modela u (1.1) i (1.2) je sljedeća (preuzeto iz [8]):

$$\beta = 0.99, \phi = 2, \kappa = 0.0079, \phi = 0.8106, \theta = 10, \eta = 0.47$$

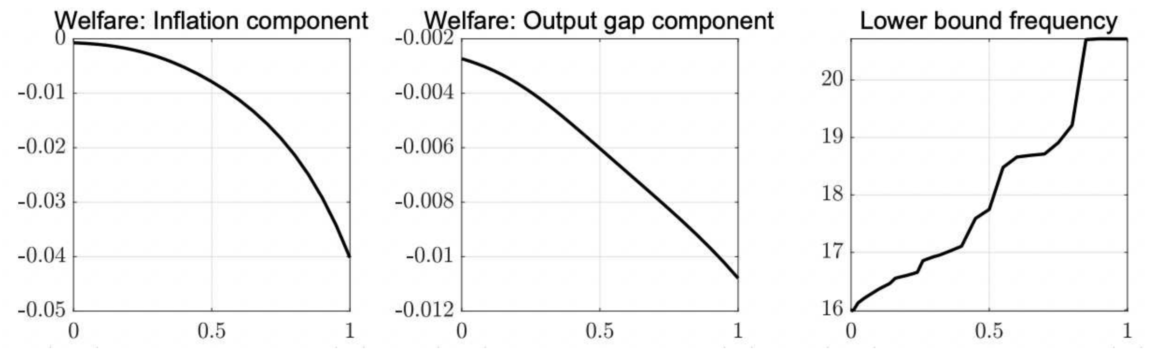
Model je riješen pomoću kolokacijske metode rješavanja diferencijskih jednadžbi. Podsjetimo se, za $\omega = 1$ imamo standardno ciljanje inflacije, a za $\omega \in \langle 0, 1 \rangle$ strategiju prosječne ciljane razine inflacije. Pogledajmo kako parametar ω, koji se nalazi na osi apscisa, pridonosi blagostanju društva na sljedećoj slici:



Slika 2.9: Utjecaj ω na blagostanje društva (preuzeto iz [3])

Možemo primijetiti kako blagostanje društva monotono raste kako ω pada od 1(ciljana inflacija) do 0. Prema tome možemo zaključiti kako bi optimalna monetarna strategija bila strategija prosječne ciljane razine inflacije. Može nam biti zanimljiva iduća situacija: za $\omega = 0.7$, troškovi blagostanja su upola manji nego za $\omega = 1$, tj. upola manji nego kod standardne dosada korištene strategije ciljane razine inflacije.

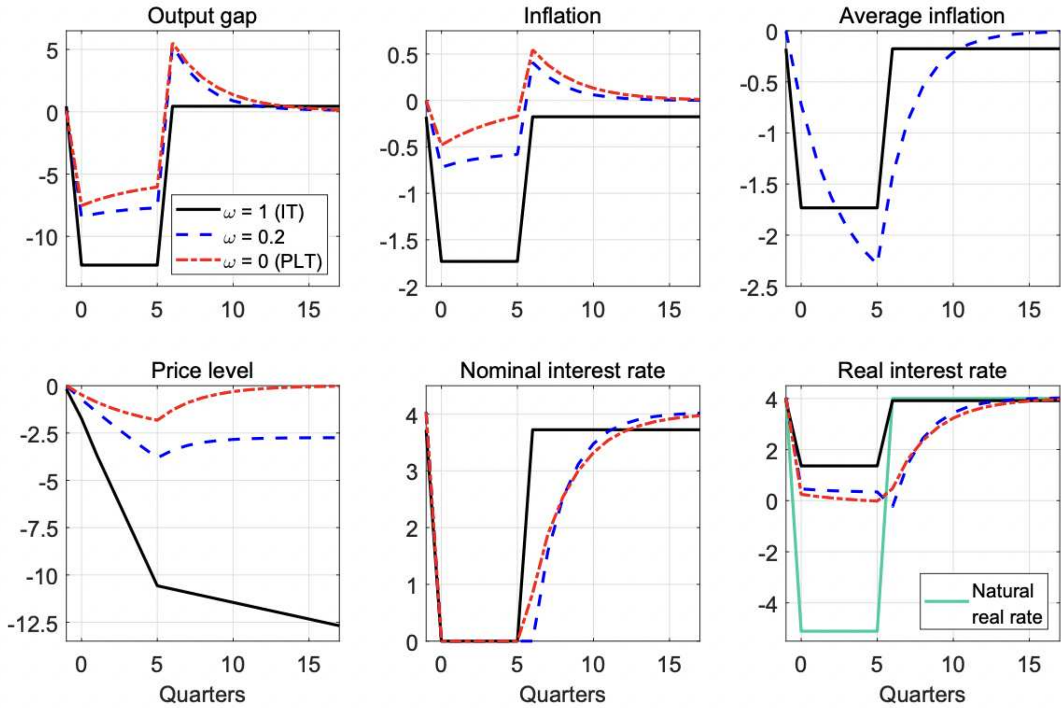
U sljedećem prikazu pratimo prikaz inflacije(lijevo), proizvodnog jaza (sredina) i učestalnosti dodira donje granice kamatne stope(desno):



Slika 2.10: Prikaz inflacije, proizvodnog jaza i učestalosti dodira donje granice kamatne stope obzirom na ω (preuzeto iz [3])

Učestalost dodira donje granice kamatne stope je postotak vremena tijekom kojeg je donja granica bila aktivna. Što je ω manji, odnosno kako koristimo prosječnu ciljanu razinu inflacije umjesto standardnog ciljanja inflacije, učestalost je manja. Možemo primijetiti da razina inflacije i proizvodnog jaza monotono opada kako ω raste.

Kako bi donijeli zaključke o različitim strategijama monetarne politike možemo zamisliti iduću situaciju. Nalazimo se u zamci likvidnosti, a ekonomija je u rizičnom periodu, odnosno pogođena je šokom u ponudi ili potražnji. Šok spušta prirodnu realnu kamatnu stopu ispod nule te ona ostaje na toj razini tijekom šest kvartala. Poslije toga, ekonomija se ponovno vraća u stanje mirovanja. U svakom trenutku, agenti u ekonomiji imaju pristup pogleda unaprijed te su racionalni, ali su također i nesvjesni budućeg kretanja prirodne realne kamatne stope , iako očekuju da će se ona vratiti u svoje prvotno stanje mirovanja. Sad ćemo ponovno pogledati kako bi, obzirom na parametrizirani model, promjena strategije utjecala redom na proizvodni jaz, razinu inflacije te prosječnu razinu inflacije. Strategiju prosječno ciljane razine inflacije promatram za parametar $\omega = 0.2$, a standarno ciljane inflacije za $\omega = 1$.



Slika 2.11: Prikaz kretanja proizvodnog jaza, inflacije, prosječne stope inflacije, razine cijena, nominalne i realne kamatne stope u zamci likvidnosti u odnosu na broj kvartala (preuzeto iz [3])

Pod standardnom strategijom ciljane inflacije, središnja banka snižava nominalnu kamatnu stopu na nulu kada nastupi šok, ali realna kamatna stopa pada na razinu malo ispod 2% što pridonosi velikom padu inflatornih očekivanja. Razlika između prirodne realne kamatne stope i stvarne realne kamatne stope vodi do velikog pada proizvodnje i inflacije. Kada se prirodna realna kamatna stopa ponovno vrati u svoje stabilno stanje, središnja banka odmah podiže nominalnu kamatnu stopu na razinu prije samog šoka. Stopa inflacije ne će rasti, ali će ostati negativna. Takvu situaciju možemo nazvati deflacijska pristranost, a to se dešava zbog toga što su agenti u ekonomiji svjesni da će donja granica kamatne stope u budućnosti možda ponovno biti dodirnuta, što vrši dodatni pritisak na umanjenje inflatornih očekivanja. Zbog deflacijske pristranosti, razina cijena će ostati na padajućoj putanji nakon perioda zamke likvidnosti, što je vidljivo na prethodnoj slici.
Pod strategijom prosječne ciljane razine inflacije, središnja banka također spušta razinu nominalne kamatne stope na nulu kada se dogodi šok. Nakon što se razina šoka smanji, nakon šest kvartala, središnja banka podiže nominalnu kamatnu stopu polagano. To rade zbog toga što je, vidljivo na prethodnoj slici, razina prosječne inflacije negativna kada

se realna kamatna stopa vrati u svoje stanje mirovanja te središnja banka mora postaviti nominalnu kamatnu stopu tako da stopa inflacije iz perioda u period premaši dugoročni ciljani cilj da bi stabilizirala stopu inflaciju. Agenti u ekonomiji, tijekom perioda u kojem je kamatna stopa u dodiru s donjom granicom, imaju veća inflatorna očekivanja nego kod standardne strategije ciljanja razine inflacije pa je stoga jaz realne kamatne stope manji što rezultira boljim rezultatima za razinu proizvodnje i inflacije.
Zaključak je kako strategija koja uključuje prosječnu ciljanu razinu inflacije u usporedbi s ciljanjem razine inflacije poboljšava makroekonomske učinke i povećava društveno blagostanje. Također, učinkovitost ”make-up” strategije, prosječne ciljane razine inflacije, ovisi o tome kako agenti u ekonomiji razumiju tu strategiju te kako očekuju kretanje makroekonomskih rezultata ovisno o trenutnim ekonomskim uvjetima. Ova nova strategija pruža veću fleksibilnost za provođenje ciljeva središnje banke kao što su stabilnost cijena i maksimalna zaposlenost.

Bibliografija

[1] Andrea Ajello, Isabel Cairó, Vasco Cúrdia, Thomas Lubik i Albert Queralto, *Monetary Policy Tradeoffs and the Federal Reserve's Dual Mandate*, (2020).

[2] Robert A Amano, Stefano Gnocchi, Sylvain Leduc i Joel Wagner, *Average is good enough: Average-inflation targeting and the ELB*, (2020).

[3] Flora Budianto, Taisuke Nakata i Sebastian Schmidt, *Average inflation targeting and the interest rate lower bound*, (2020).

[4] Guillermo A Calvo, *Staggered prices in a utility-maximizing framework*, Journal of monetary Economics **12** (1983), 383–398.

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

[6] John Howland Cochrane i John B Taylor, *Strategies for Monetary Policy*, Hoover Institution Press, Stanford University, 2020.

[7] Thomas Laubach i John C Williams, *Measuring the natural rate of interest*, Review of Economics and Statistics **85** (2003), 1063–1070.

[8] Taisuke Nakata i Sebastian Schmidt, *Conservatism and liquidity traps*, Journal of Monetary Economics **104** (2019), 37–47.

Sažetak

Cilj ovog rada je predstaviti novu strategiju prosječne ciljane inflacije ukomponiranu u temeljni model monetarne politike. Središnje banke su počele s preispitivanjem dosadašnjeg modela monetarne politike koji je za cilj imao dostizanje godišnje ciljane stope inflacije. Preispitivanjem su došli do odluke o promjeni načina na koji postižu svoj cilj. U prvom poglavlju diplomskog rada opisao sam Novokeynesijanski model u slučaju donje granice kamatne stope kojeg koristim kao temeljni model za analizu. Nakon postavljanja modela, u drugom poglavlju, uveo sam motivaciju koja stoji iza potrebe za promjenom i opisao sam metodu prosječne ciljane inflacije kao i par njenih izvedbi. Konačno, temeljem opisanog modela i ukomponirane nove strategije iznesao sam rezultate usporedbe politike ciljane prosječne inflacije u odnosu na dosadašnji model s ciljanom inflacijom.

Summary

The goal of this thesis was to present a new strategy of average inflation targeting integrated into the basic model of monetary policy. Central banks have begun to review the current model of monetary policy, which aimed to reach the annual target rate of inflation. By questioning, they came to the decision to change the way of achieving their goal. In the first chapter of this thesis, I described the New Keynesian model in the case of the lower bound of the interest rate, which I use as a basic model for the analysis. After setting up the model, in the second chapter, I introduced the motivation behind the need for change and described the average inflation targeting method as well as a couple of its implementations. Finally, based on the described model and the new integrated strategy, I presented the results of the comparison of the average inflation targeting in relation to the current model with inflation targeting policy.

Životopis

Rođen sam 18.02.1997. u Zagrebu. Početno obrazovanje sam stekao u Osnovnoj školi Novska u Novskoj. Po završetku osnovne škole sam upisao Opću gimnaziju u Novskoj. U srednjoj školi sam se jako zainteresirao za matematiku i fiziku. Završio sam opću gimnaziju 2015. godine i upisao sam se na željeni preddiplomski studij Matematike na PMF-u u Zagrebu. Neposredno nakon što sam postao prvostupnik matematike upisao sam na istom fakultetu diplomski studij Financijske i poslovne matematike. Na zadnjoj godini sam se zaposlio u odjelu za upravljanje rizicima u Raiffeisen banci.