

VIKTORS AJEVSKIS

PĒTĪJUMS
2 / 2018

DABISKĀ PROCENTU LIKME: AR ĒNU PROCENTU LIKMES MODELI IEGŪTĀ INFORMĀCIJA



SATURS

KOPSAVILKUMS	3
1. IEVADS	4
2. MODELIS	6
3. DATI	8
4. NOVĒRTĒJUMS	9
5. REZULTĀTI	9
6. NO TEILORA LIKUMA IZRIETOŠĀS MONETĀRĀS POLITIKAS PROCENTU LIKMES	11
7. SECINĀJUMI	13
LITERATŪRA	14

SAĪSINĀJUMI

ASV – Amerikas Savienotās Valstis
 ATSM – afins procentu likmju termiņstruktūras modelis
 DPL – dabiskā procentu likme
 DSGE – dinamisks stohastiskais vispārējais līdzsvars (modelis)
 ECB – Eiropas Centrālā banka
 NOIP – "Nodrošināto obligāciju iegādes programma"
 NZR – nulles zemākā robeža
 OIS – uz nakti izsniegto kredītu indeksa mijmaiņas darījums (*overnight indexed swap*)
 PAIP – paplašinātā aktīvu iegādes programma
 REK – reālais efektīvais kurss
 TIPS – pret inflāciju aizsargāti Valsts kases vērtspapīri (*Treasury inflation protected securities*)
 ZR – (nominālās procentu likmes) zemākā robeža

KOPSAVILKUMS

Šajā pētījumā sniegta procentu likmju dabiskā līmeņa novērtēšanas metode, pamatojoties uz procentu likmju modeļa ēnu procentu likmju termiņstruktūru un izmantojot informāciju, ko sniedz nominālā ienesīguma likmes dati. Lai varētu salīdzināt un veikt stabilitātes pārbaudi, dabiskais procentu likmju līmenis novērtēts, izmantojot trīs eiro zonas un divas ASV datu izlases. Veicot visu aplūkoto izlašu novērtējumu, redzams, ka eiro zonas dabiskā procentu likmju līmeņa tendence ir lejupvērsta. Tomēr kopš 2013. gada sākuma šī lejupvērstā tendence ir izlīdzinājusies. Salīdzinājumā ar rezultātiem, kas iegūti ar afino modeli, dabisko procentu likmju novērtējums ar ēnu procentu likmes modeli ir zemāks. Ar 2013. gada sākumu ASV DPL novērtēto laikrindu dinamika gandrīz pilnībā atbilst Laubaha–Viļjamsa (Laubach–Williams) laikrindām. Taču periodā pirms tam laikrindu atšķirības ir lielākas. Lai parādītu DPL lietojumu, šajā pētījumā izmantotas DPL laikrindas, kas novērtētas, izmantojot Teilora (*J. B. Taylor*) likuma līdzsvara pieeju. Rezultāti liecina, ka izlases perioda beigās 2017. gada jūlijā monetārās politikas procentu likmes, kas aprēķinātas, izmantojot Teilora likumu, atbilda ECB faktiskajām monetārās politikas likmēm.

Atslēgvārdi: dabiskā procentu likme, procentu likmju termiņstruktūra, zemākā robeža, nelineārais Kalmana filtrs

JEL kodi: C24, C32, E43, E58, G12

1. IEVADS

Periodā pēc krīzes nominālās procentu likmes gan eiro zonā, gan daudzās citās attīstītajās valstīs saglabājušās ievērojami zem vēsturiski vidējā līmeņa. Daži ekonomisti (L. H. Summers (*L. H. Summers*) (27) un Dž. K. Viljamss (*J. C. Williams*) (31)) šo parādību izskaidro ar dabiskās (citiem vārdiem, neitrālās vai līdzsvara) reālās procentu likmes (DPL) līmeņa pazemināšanos. Šo lejuplīdi varēja izraisīt tādi faktori kā produktivitātes sarukums, iedzīvotāju novecošana, augošā nevienlīdzība un parādsaistību līmenis. Dž. K. Viljamss (30) definē DPL kā "reālo federālo fondu likmi atbilstoši tautsaimniecības darbībai, pilnībā izmantojot potenciālu, laikā, kad īslaicīgo šoku ietekme uz kopējo piedāvājumu vai pieprasījumu ir mazinājusies". DPL var būt noderīga politikas veidotājiem kā: 1) atskaites punkts centrālo banku noteiktajām procentu likmēm; 2) pamats ilgtermiņa fiskālās ilgtspējas aprēķiniem; 3) izaugsmes novērtējuma etalons; 4) finanšu tirgu ilgtermiņa procentu likmju prognozēšanas rīks.

Līdzīgi potenciālajam izlaidis apjomam vai līdzsvara valūtas kursam DPL nav tieši novērojama; to var novērtēt ar dažiem ekonometriskiem paņēmieniem. Parasti DPL novērtējumā izmanto četras pieejas. Pirmkārt, DPL var novērtēt kā ilgtermiņa reālās procentu likmes laikrindas tendenci (Dž. D. Hemiltons (*J. D. Hamilton*), Ī. S. Heriss (*E. S. Harris*), J. Hacıuss (*J. Hacıus*) u.c. (15)). Otrkārt, var izmantot nelielu pusstrukturālu ekonomisko modeli un ar Kalmana filtra palīdzību iegūt gan īstermiņa šokus, gan ilgtermiņa tendences (T. Laubahs (*T. Laubach*) (22) un Dž. K. Viljamss (23)). Ar šo pieeju var novērtēt potenciālo izlaidis apjomu, dabisko bezdarba līmeni, inflācijas tendenci un DPL. Treškārt, var izmantot vidēja mēroga DSGE modeli, kurā DPL ir dominējošā, ja cenas un algas ir elastīgas (R. Barskis (*R. Barsky*), A. Hustinjano (*A. Justiniano*) un L. Melozi (*L. Melosi*) (2), M. Del Negro (*M. Del Negro*), D. Džannone (*D. Giannone*), M. P. Džannoni (*M. P. Giannoni*) u.c. (12), V. Kurlidija (*V. Cúrdia*), A. Ferrero (*A. Ferrero*), Dž. Endži (*G. C. Ng*) u.c. (11)). Ceturtajā pieejā DPL līmeņa novērtēšanā izmanto finanšu tirgu informāciju (no peļņas likmju līknes).

Populārākā un plašāk izmantotā ir Laubaha–Viljamsa pieeja. Tomēr tai ir daži trūkumi. Svarīgākais – tajā tiek izmantoti vēsturiski (pagātnes) makrodati. Tāpēc laikrindu modeļi, kas novērtēti ar vēsturiskiem datiem, lielākoties atspoguļo datu lejupvērsto tendenci. Turklāt vēl viens modeļa trūkums ir tā linearitāte. Tādējādi tajā netiek ņemta vērā nulles zemākās robežas (NZR) izraisītā nelinearitāte. Šā trūkuma nozīme pieaug, pagarinoties centrālo banku tuvu nullei esošu procentu likmju periodam. Turklāt makroekonomiskajos datos balstīto novērtējumu kropļo produkcijas izlaidis un inflācijas datu pārskatīšana, kas nenotiek reālajā laikā, t.i., kad DPL novērtējums visvairāk vajadzīgs. Arī M. Komunāles (*M. Comunale*) un J. Strjauka (*J. Striaukas*) (10) veiktajā pārskatā sniegts detalizēts Laubaha–Viljamsa pieejas nepilnību uzskaitījums, no kurām vēl būtu jāmin REK ignorēšana, risku nozīme, globālie faktori u.c.

Lai izvairītos no vēsturisku datu izmantošanas radītās problēmas, J. H. E. Kristensens (*J. H. E. Christensen*) un G. D. Rūdebušs (*G. D. Rudebusch*) (8) izmanto ceturto minēto pieeju, radot afīno procentu likmju termiņstruktūras modeli (ATSM). Viņi izmanto TIPS datus, lai DPL novērtējumā varētu ietvert nākotnes informāciju. Peļņas likmes līkne tiešām sniedz nākotnes datus, jo ietver īstermiņa procentu likmes (kā arī termiņa prēmijas) gaidāmo attīstības gaitu. J. H. E. Kristensens un G. D. Rūdebušs (8) pieņem, ka TIPS cenās ietvertās reālās īstermiņa procentu likmes ilgāka termiņa

gaidas atspoguļo tirgus dalībnieku uzskatus par reālās procentu likmes stabilo stāvokli, t.i., par DPL. Šāda DPL rādītāja priekšrocība – to var iegūt reālajā laikā tikpat bieži kā obligāciju cenu pamatdatus. Taču šo pieeju grūti piemērot ar inflāciju saistītajiem finanšu instrumentiem eiro zonas tirgū, jo tā likviditāte ir daudz mazāka un tas ir daudz sadrumstalotāks par ASV finanšu tirgu.

M. Bžoža-Bžežina (*M. Brzoza-Brzezina*) un J. Kotlovskis (*J. Kottowski*) (5) vispārina DPL jēdzienu, definējot dabiskā ienesīguma līkni. Viņi izmanto dinamisko Nelsona–Zīgela (*Nelson–Siegel*) modeli un nominālās ienesīguma likmes līknes datus, lai novērtētu modeļa nenovērojamus faktoros; pēc tam ar iegūtajiem faktoriem, tos papildinot ar makrodatiem, tiek veikts dabiskā ienesīguma līknes faktoru novērtējums.

Šis pētījums saistīts arī ar publikācijām, kurās procentu likmju termiņstruktūras modeļa ietvarā tiek izmantoti ļoti stabili faktori, lai labāk skaidrotu peļņas likmes līknes dinamiku. J. H. E. Kristensens, F. K. Dībolds (*F. X. Diebold*) un G. D. Rūdebušs (6) faktoru procesam ATSM ietvarā nosaka vienības saknes tuvuma ierobežojumu, lai novērstu nelielas izlases novērtējuma mazākas noturības novirzi procentu likmju dinamikā. A. Ceslaka (*A. Cieslak*) un P. Povala (*P. Povala*) (9) raksturo peļņas likmes līknes dinamiku divos ciklos ar zemu un augstu biežuma pakāpi. Tas ļauj skaidrot makroekonomisko mainīgo lomu obligāciju riska prēmijā. H. Devahters (*H. Dewachter*) un M. Liriu (*M. Lyrio*) (13) ierosina procentu likmju termiņstruktūras makrofinansiālu modeli, pieņemot, ka ilgtermiņa inflācija un reālā procentu likme ir latentu likmju dubultošanas starpības procesi (*martingale-difference processes*). Tas ļauj šos faktoros interpretēt kā novēroto makroekonomisko faktoru ilgāka termiņa gaidas. P. D. Spensers (*P. D. Spencer*) (26) izstrādājis makrofinansiālu modeli, izmantojot latentu mainīgo, kas atbilst vienības saknes procesam ar stohastiskām svārstībām. M. D. Bauers (*M. D. Bauer*) un G. D. Rūdebušs (3) ierosina apvērstās finansēšanas vadības (*reverse-engineering*) pieeju. Viņi izmanto makroekonomikas literatūrā esošos DPL novērtējumus un arī DPL ATSM kā novērojamu faktoru. Viņi secina, ka piedāvātā pieeja būtiski palielina ilgtermiņa procentu likmju prognožu precizitāti un uzlabo ilgtermiņa procentu likmju termiņa prēmijas aprēķinus.

Šajā pētījumā, novērtējot DPL, izmantota procentu likmju modeļa termiņstruktūra. Pretstatā M. D. Baueram un G. D. Rūdebušam (3) procentu likmju termiņstruktūra veidota, konsekventi izmantojot nominālo līdzsvara procentu likmi, t.i., to iegūstot ar modeli. Šā pētījuma devums ir šāds. Pirmkārt, izstrādāts un novērtēts procentu likmju termiņstruktūras modelis ar stabilu faktoru. Pieņemts, ka ēnu procentu likme ir vienāda ar divu nenovērojamu faktoru summu. Pirmais faktors ir īslaicīgs (pārejošs) un laika gaitā izzūd. Otrais faktors ir stabils (pastāvīgs), un pieņemts, ka tas ir vienāds ar ilgākā termiņā novērotu īstermiņa procentu likmi. Modeļa koeficientu un nenovēroto faktoru novērtējumā autors izmanto otrās kārtas aproksimāciju (V. Ajevskis (1)) un paplašināto Kalmana filtru. DPL aprēķina, atņemot gaidāmo inflāciju, ko iegūst no piecu gadu perioda, kas sākas pēc pieciem gadiem, inflācijas mijmaiņas darījumu datiem, no modeļa vidējās nominālās īstermiņa procentu likmes piecu gadu periodā, kas sākas pēc pieciem gadiem.

Otrkārt, pretstatā J. H. E. Kristensena un G. D. Rūdebuša (8), kā arī M. Bžožas-Bžežinas un J. Kotlovskas (5) pieejai piedāvātajā modelī ņemta vērā nelinearitāte, ko izraisa nominālās īstermiņa procentu likmes zemākā robeža (ZR), kas ir pēdējo gadu datu svarīga iezīme. Secināts arī, ka DPL novērtējumu neietekmē datu izlases perioda

(2008. gada maijs–2017. gada jūlijs vai 2009. gada jūlijs–2017. gada jūlijs) izvēle. Salīdzinājumā ar afīno modeli ēnu procentu likmes modelis nodrošina zemāku DPL novērtējumu. Lai parādītu DPL lietojumu, pētījumā Teilora likuma līdzsvara pieejas versijā izmantota aplēstā datu laikrindas DPL. Rezultāti ļauj domāt, ka datu izlases perioda beigās 2017. gada jūlijā monetārās politikas procentu likmes, kas novērtētas, izmantojot Teilora likumu, atbilda faktiskajām ECB monetārās politikas procentu likmēm. Minimālā procentu likme, kas noteikta, izmantojot Teilora likumu, 2015. gada janvārī, t.i., laikā, kad ECB paziņoja par PAIP uzsākšanu, bija –5%.

2. MODELIS

T. Laubahs un Dž. K. Viljamss (22) pusstrukturālajā makromodelī ieviesuši vairākus vienības saknes procesus un ar Kalmana filtru ieguvuši novērtējumu gan īstermiņa šokiem, gan ilgtermiņa tendencēm. Viena tendence aplūkota kā DPL. Šajā pētījumā izmantota arī ideja par to, ka stabils komponents ir saistīts ar līdzsvara īstermiņa procentu likmi, bet šī iezīme izmantota procentu likmju termiņstruktūras modeļa ietvarā.

Lai DPL novērtēšanai izstrādātu procentu likmju termiņstruktūras modeli, pētījumā izvēlēta modeļa specifiskācija ar diviem nenovērojamiem faktoriem, nevis ar ierastākajiem trim faktoriem. Tas darīts tāpēc, ka, kā norāda L. Krippners (*L. Krippner*) (19), divu faktoru specifiskācija ir stabilāka par triju faktoru specifiskācijām. L. Krippners (19) īpaši aplūkojis ēnu procentu likmes jutīgumu triju faktoru modelī saistībā ar ZR parametra un dažādu izlases periodu izvēli novērtējuma veikšanai. Viņš secinājis, ka, izmantojot nedaudz atšķirīgus ZR parametrus un/vai novērtējumā izmantojot dažādas peļņas likmju līkņu datu izlases, veidojas ēnu procentu likmju aplēses ar ļoti atšķirīgu profilu un dinamiku. Tomēr ēnu procentu likmes novērtējums ir samērā stabils. H. Ičjue (*H. Ichue*) un J. Ueno (*Y. Ueno*) (17) arī ierosina izmantot divu faktoru modeļus, pamatojot, ka "tad, kad procentu likmes noturas pie NZR un daudz nemainās, trūkst lielas daļas faktoru identificēšanai nepieciešamās informācijas, tādējādi faktoru skaits var izrādīties mazāks nekā tad, kad procentu likmju līmenis ir tālu no nulles robežas". Jāsecina, ka triju faktoru modeļi, iespējams, nav datiem piemēroti un rada nereālus novērtējumus. Turklāt L. Krippners (20; 21) parāda, ka divu faktoru afīnais Nelsona–Zīgela modelis nodrošina vistaupīgāko aproksimāciju ar vispārējo afīno termiņstruktūras modeli ar patvaļīgi izvēlētu faktoru skaitu.

Tādējādi tiek pieņemts, ka peļņas likmes nosaka divu nenovērojamu faktoru vektors $X_t = (X_t^1, X_t^2)$, kurš reālam rādītājam seko pirmās kārtas vektora autoregresīvam procesam:

$$X_{t+1} = (1 - \Phi^P)\mu^P + \Phi^P X_t + \Sigma \varepsilon_{t+1}, \quad \varepsilon_{t+1} \sim N(0, I_N) \quad (1),$$

kur Σ ir trijstūra matrica. Tirgus cenas riska matrica Λ_t attēlota kā afīna faktoru funkcija šādi:

$$\Lambda_t = \lambda_0 + \lambda_1 X_t \quad (2).$$

Ar neitrālu riska rādītāju faktoru dinamiku izsaka šādi:

$$X_{t+1}^1 = (1 - \Phi^Q)\mu^Q + \Phi^Q X_t^1 + \Sigma \varepsilon_{t+1}, \quad \varepsilon_{t+1} \sim N(0, I_N) \quad (3),$$

kur μ^Q un Φ^Q atbilst

$$\mu^{\mathbb{Q}} = \mu^{\mathbb{P}} - \Sigma\lambda_0 \quad (4),$$

$$\Phi^{\mathbb{Q}} = \Phi^{\mathbb{P}} - \Sigma\lambda_1 \quad (5).$$

Ēnu procentu likmi s_t definē šādi:

$$s_t = X_t^1 + X_t^2 \quad (6),$$

un novērotā īstermiņa procentu likme ir cenzēta ēnu procentu likme:

$$i_t = \max(s_t, i_j^{LB}) \quad (7),$$

kur i_j^{LB} , $j = 1, 2, \dots, k$ ir ZR un $k - ZR$ skaits. Tādējādi līdzīgi T. Kortelas (*T. Kortela*) (18), kā arī V. Lemkes (*W. Lemke*) un A. L. Vladu (*A. L. Vladu*) (24) modeļiem šajā modelī iespējamās laikposmos mainīgas procentu likmju ZR.

Obligāciju cenu formula ir šāda:

$$P_t^n = E_t^{\mathbb{Q}} \exp\left(\sum_{i=0}^{n-1} \max(s_{t+i}, i_j^{LB})\right) \quad (8),$$

kurā nav iespējama peļņas likmju afinā izteiksme.

Novērotās peļņas likmes izsaka šādi:

$$y_t^n = g_n(X_t, \theta, i_j^{LB}) = -\frac{1}{n} \ln\{E_t^{\mathbb{Q}} \exp(\sum_{i=0}^{n-1} \max(s_{t+i}, i_j^{LB}))\} + \eta_t \quad (9),$$

kur η_t ir mērījumu kļūdu vektors un θ – parametru vektors.

Balstoties uz J. H. E. Kristensena un G. D. Rūdebuša pētījumu (7), autors pieņem, ka

$$\Phi^{\mathbb{Q}} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \phi_{2,2} \end{pmatrix},$$

kur $0 < \phi_{2,2} < 1$. Līdz ar to X_t^1 ir pastāvīgs faktors; no (7) vienādojuma tālāk var secināt, ka pēc pietiekami ilga laika perioda galveno devumu faktorā s_t nodrošinās faktors X_t^1 . Procentu likmes nominālais ilgtermiņa līdzsvars definēts šādi:

$$\lim_{\tau \rightarrow \infty} E_t s_{t+\tau} = X_t^1 = i_{i,t}^*.$$

Pēc tam no Fišera (*Fischer*) vienādojuma iegūst reālo ilgtermiņa procentu likmi:

$$r_{i,t}^* = i_{i,t}^* - \lim_{\tau \rightarrow \infty} E_t \pi_{t+\tau}.$$

Terminu $\lim_{\tau \rightarrow \infty} E_t \pi_{t+\tau}$ var uzskatīt par ilgtermiņa inflācijas vērtības rādītāju. Šo vērtību var, piemēram, noteikt kā centrālās bankas inflācijas mērķi, kas eiro zonā ir 2%. Atbilstoši J. H. E. Kristensena un G. D. Rūdebuša (8) secinājumiem DPL definē kā vidējo reālo īstermiņa procentu likmi piecu gadu periodā, kas sākas pēc pieciem gadiem:

$$r_t^* = \frac{1}{60} \sum_{i=61}^{120} E_t r_{t+i} = \frac{1}{60} \left(\sum_{i=61}^{120} E_t i_{t+i} - \sum_{i=61}^{120} E_t \pi_{t+i} \right).$$

Par pēdējās formulas otrā locekļa rādītājiem tiks izmantoti inflācijas mijmaiņas darījumu dati.

3. DATI

Procentu likmju dati eiro zonai ir *Bloomberg* sniegtie OIS ar termiņu 3 un 6 mēneši un 1 gada, 2, 3, 4, 5, 7, 10 un 30 gadu mēneša beigu peļņas likmes. Tiek aplūkotas trīs datu izlases, kas attiecas uz laikposmu no 2005. gada jūlija, 2008. gada maija un 2009. gada jūlija līdz 2017. gada jūlijam. Pirmās izlases izvēli noteica tas, ka 7 un 10 gadu peļņas likmju dati pieejami tikai ar 2005. gada jūliju (savukārt 30 gadu peļņas likmes ar šo datumu nav pieejamas). *Bloomberg* sniegtie dati par OIS ar termiņu 30 gadu eiro zonai kļuva pieejami, sākot ar 2008. gada maiju. Datu par OIS ar termiņu 30 gadu iekļaušanu noteica tas, ka tie padarīja dabiskās nominālās procentu likmes novērtēšanas procesu mazāk svārstīgu. Izmantojot citas iepriekš raksturotās pieejas, piemēram, DSGE modelēšanu, tika iegūts dažādos laikposmos ļoti atšķirīgs DPL novērtējums, kas nav pieņemami, ja DPL uzskata par ilgtermiņa jēdzienu. L. Kripners (21) novērojis līdzīgu parādību attiecībā uz ēnu procentu likmes novērtējumiem. Viņš secina, ka 30 gadu peļņas likmju datu izlases iekļaušana ēnu procentu likmes modeļos samazina ēnu procentu likmes novērtējuma svārstīgumu.

Aplūkojot trešās izlases datus (sākot ar 2009. gada jūliju), tie saistīti ar ECB pirmās aktīvu iegādes programmas ("Nodrošināto obligāciju iegādes programma"; NOIP) sākumu. Šo notikumu var uzskatīt par centrālo banku politikas strukturālo pagrieziena punktu. Divu pēdējo samērā īsa laikposma datu izlašu izvēles priekšrocība ir tā, ka tie ir mazāk jutīgi pret Lūkasa (*Lucas*) kritiku. Tad, kad īstermiņa procentu likme tiešām sasniedz ZR (situāciju var uzskatīt par strukturālām ekonomiskām pārmaiņām), afīnā modeļa izmantošana varētu būt nepareiza, kā to savos pētījumos parāda L. Kripners (21), kā arī J. H. E. Kristensens un G. D. Rūdebušs (7). Aplūkosim, piemēram, procentu likmju termiņstruktūras izveidi DSGE modeļa ietvarā (sk., piemēram, P. Hērdālu (*P. Hördahl*), O. Tristāni (*O. Tristani*) un D. Vestīnu (*D. Vestin*) (16), kā arī G. D. Rūdebušu un T. Vu (*T. Wu*) (25)). Šajā gadījumā peļņas likmju slodzes izteiktas kā dziļo parametru funkcijas un Teilora likuma koeficienti. Kad īstermiņa procentu likme sasniedz NZR, Teilora likums pārstāj darboties, un tādējādi tā koeficienti peļņas likmju noslodzēs izzūd. Tāpēc peļņas likmju noslodzes koeficientiem normālos gadījumos un gadījumos, kad procentu likmes ir ar NZR ierobežotas, jābūt atšķirīgiem.

Kopumā abas datu izlases no 2008. gada maija līdz 2017. gada jūlijam un no 2009. gada jūlija līdz 2017. gada jūlijam ir samērā īsas – attiecīgi ar 109 un 95 laika novērojumiem, tādējādi neaptverot pilnu ekonomiskās attīstības ciklu. Tomēr šo trūkumu kompensē nākotnes datu izmantošana un strukturālu pārtraukumu neesamība aplūkotajos laikposmos.

Attiecībā uz ASV pētījumā izmantotas 1 gada, 2, 3, 4, 5, 7, 10 un 30 gadu peļņas likmju laikrindas par diviem laikposmiem – no 2006. gada janvāra līdz 2017. gada maijam un no 2008. gada septembra līdz 2017. gada maijam, kas iegūtas no R. Girkainaka (*R. Gürkaynak*), B. Saka (*B. Sack*) un Dž. Raita (*J. Wright*) (14) darba. Pirmie dati par 30 gadu peļņas likmēm saskaņā ar R. Girkainaku, B. Saku un Dž. Raita pētījumu (14) iegūti, sākot ar 2006. gada janvāri. Otrās datu izlases laikrindas sākas ar krīzes sākumu, t.i., ar 2008. gada septembri. Par inflācijas gaidu rādītāju izmantoti mēneša beigu dati, ko sniedz *Bloomberg* attiecībā uz eiro zonas un ASV inflācijas mijmaiņas darījumiem piecu gadu periodā, kas sākas pēc pieciem gadiem.

4. NOVĒRTĒJUMS

Lai noteiktu parametrus, izmantoti šādi normalizējoši ierobežojumi: 1) $\mu^Q = 0$; 2) Φ^Q ir diagonālā matrica; 3) Σ ir apakšējais trijstūris un 4) $\lambda_0^1 = 0$. Ēnu procentu likmes modelī pieņemts, ka efektīvā ZR atbilst ECB noguldījumu iespējas procentu likmei, ja tā ir negatīva, vai arī citos gadījumos attiecībā uz eiro zonu ir nulle. Attiecībā uz ASV pētījumā pieņemts, ka efektīvā ZR ir nulles līmenī visā laikposmā.

Kopumā modelī izmantoti 10 parametru jeb vektoru $(\phi_{22}, \sigma_{11}, \sigma_{21}, \sigma_{22}, \lambda_{0,1}, \lambda_{1,11}, \lambda_{1,11}, \lambda_{1,12}, \lambda_{1,22}, \sigma_\eta)$. Stāvokļu telpas modeļa attēlojumā iekļauta (1) vienādojumā iegūtā pārejas dinamika un (9) vienādojuma aprēķinu sistēma. Tā kā aprēķinu sistēma ir nelineāra, modeļa novērtēšanā izmanto paplašināto Kalmana filtru, pieņemot, ka visu termiņu peļņas likmes tiek novērotas ar aprēķina kļūdām, kurām ir vienāda standartnovirze σ_η . Lai novērtētu gan modeļa koeficientus, gan nenovērojamus faktorus, šajā pētījumā obligāciju cenu aproksimācijā izmantots Teilora rindas otrās kārtas izvīrējums (V. Ajevskis (1)). Lineārie modeļi novērtēti ar Kalmana standarta lineāro filtru.

5. REZULTĀTI

Novērtētie modeļa parametri divām datu izlasēm sniegti tabulā. Izņemot dažus parametrus, novērtējums izlasēs ir stabils. Abu izlasu aprēķina kļūda ir ar novērtēto 2 procentu punktu standartnovirzi, liecinot par modeļa augsta līmeņa piemērotību.

Tabula

Divu periodu novērtējums ar Kalmana filtru (2008. gada maijs–2017. gada jūlijs, 2009. gada jūlijs–2017. gada jūlijs; asimptotiskās standarta kļūdas sniegtas iekavās)

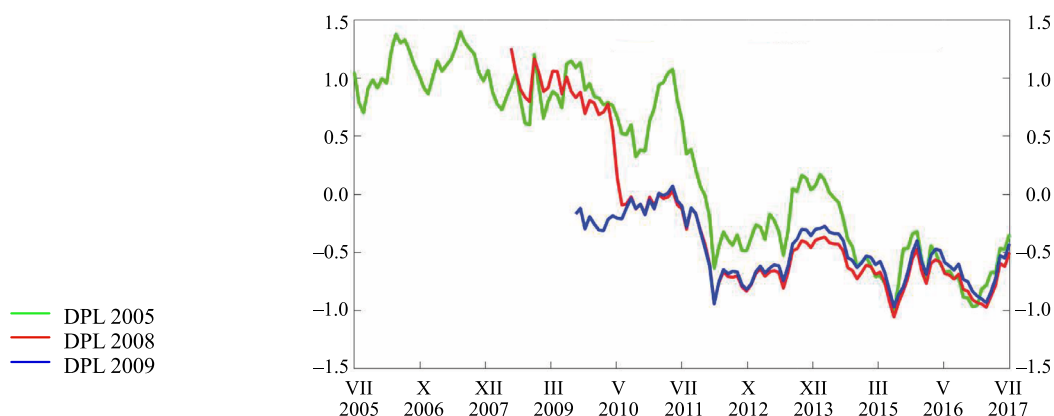
Koeficients	2008	2009
$\phi_{1,1}$	0.9462 (0.1633)	0.9457 (0.1633)
Σ_{11}	$-6 \cdot 10^{-6}$ ($1 \cdot 10^{-6}$)	$-6 \cdot 10^{-6}$ ($1 \cdot 10^{-6}$)
Σ_{21}	$-1 \cdot 10^{-6}$ ($3 \cdot 10^{-7}$)	$-0.5 \cdot 10^{-5}$ ($2 \cdot 10^{-6}$)
Σ_{22}	$2 \cdot 10^{-4}$ ($3 \cdot 10^{-5}$)	$1 \cdot 10^{-4}$ ($2 \cdot 10^{-5}$)
$\lambda_{0,1}$	-0.239 (0.070)	0.559 (0.001)
$\lambda_{1,11}$	327.0 (0.06)	-11.9 (2.06)
$\lambda_{1,12}$	-2.93 (0.07)	-0.294 (0.05)
$\lambda_{1,21}$	-243 (3.8)	-327 (56.4)
$\lambda_{1,22}$	287 (0.59)	465 (0.80)
σ_η	$2 \cdot 10^{-4}$ ($5 \cdot 10^{-5}$)	$2 \cdot 10^{-4}$ ($2 \cdot 10^{-5}$)

1. attēlā parādītas trīs datu izlasu novērtētās DPL, kas apzīmētas ar DPL 2005, DPL 2008 un DPL 2009. Visu izlasu DPL piemīt neliela lejupvērsta tendence. Tomēr šķiet,

ka kopš 2012. gada sākuma šī tendence beigusies. DPL 2008 un DPL 2009 novērtējums, sākot ar 2010. gada jūniju, ir ļoti līdzīgs. Iepriekšējā laikposma DPL 2008 novērtējums ir tuvāks DPL 2005 nekā DPL 2009. Gandrīz visā izlasē DPL 2005 ir ievērojami augstāka par DPL 2008 un DPL 2009, un vienlaikus novērtējums ir daudz nestabilāks. To var skaidrot ar iespējamu novērtējuma neobjektivitāti monetārās politikas strukturālo pārmaiņu dēļ, t.i., ar PAIP uzsākšanas, perspektīvas norādes un ECB negatīvās noguldījumu procentu likmes ietekmi. DPL aprēķini īsāka laikposma izlasēm ir stabilāki. Tāpēc turpmāk pētījumā izmantotas divas īsākās izlases, t.i., no 2008. gada maija līdz 2017. gada jūlijam un no 2009. gada jūlija līdz 2017. gada jūlijam. Taču visu triju izlašu DPL, sākot ar 2014. gada 2. pusgadu, ir ļoti līdzīgas. Izlases perioda beigās 2017. gada jūlijā visu triju izlašu DPL ir negatīvas, svārstoties diapazonā no -0.35% līdz -0.50% .

1. attēls

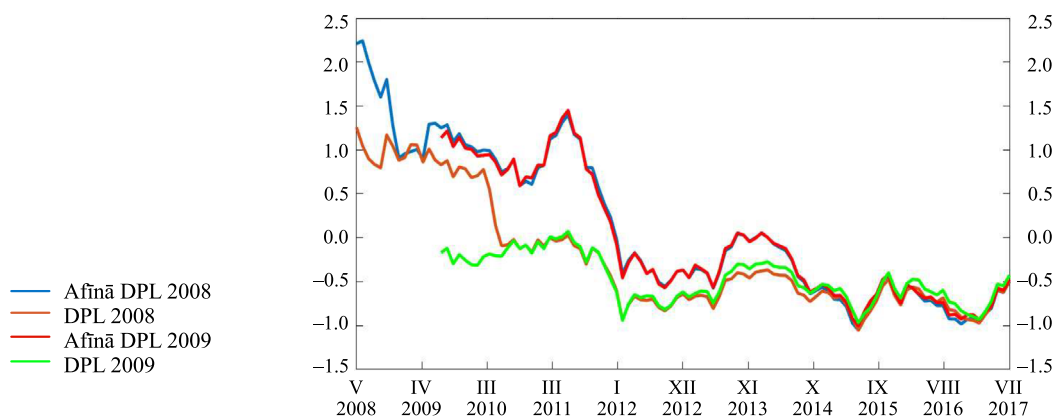
Triju izlašu eiro zonas DPL



Pēc tam tiek pētīts, kāda ietekme uz DPL aprēķinu ir efektīvajai ZR. Tiek salīdzinātas DPL, kas aprēķinātas ar afīno modeli un ēnu procentu likmes modeli. Afīnā modeļa uzbūve ir tāda pati kā ēnu procentu likmes modelim, izņemot ierobežojumu (7. vienādojums) un to, ka īstermiņa procentu likme jau ir definēta 6. vienādojumā. 2. attēlā parādītas ar afīno modeli un ēnu procentu likmes modeli aprēķinātās DPL datu izlasēm, kuru laikrindas sākas ar 2008. gada maiju un 2009. gada jūliju. Ar afīno modeli novērtētā DPL pārsniedz ar ēnu procentu likmes modeli aprēķināto DPL visā izlases periodā. Tas nepārsteidz, jo afīnā modeļa gadījumā faktoru summa ir īstermiņa

2. attēls

Ēnu procentu likmes modeļa un afīnā modeļa eiro zonas DPL

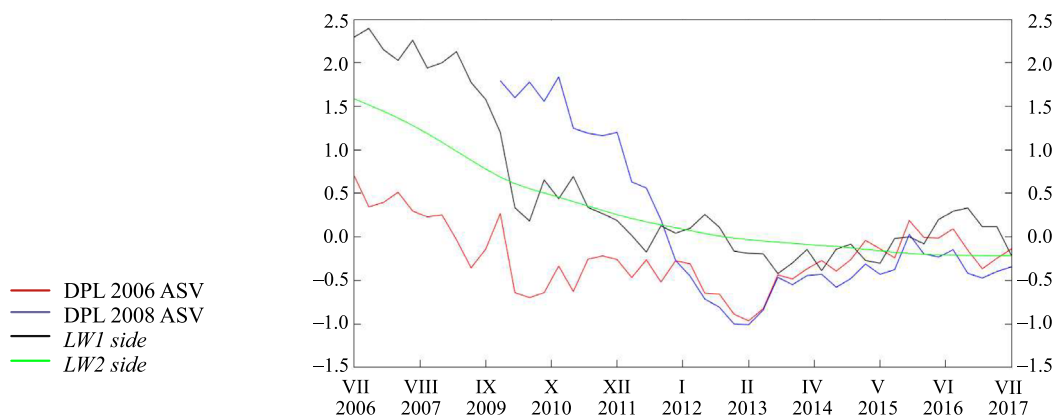


procentu likme, ko ierobežo ZR, bet ēnu procentu likmes modeli faktoru summa ir ēnu procentu likme, kas var būt arī negatīva, t.i., zemāka nekā īstermiņa procentu likme. Kad ēnu procentu likme kļūst negatīva, abi faktori samazinās. Atkal apstiprinās tas, ka izlases beigās atšķirība starp dažādu izlašu un modeļu DPL ir ļoti niecīga. Turklāt afinā modeļa gadījumā apstiprinās arī tas, ka faktora X_t^1 novērtējums gandrīz nemaz nav atkarīgs no izlases izvēles.

3. attēlā sniegts DPL novērtējums, kas veikts, izmantojot ASV datus. Salīdzināšanas nolūkā attēls papildināts ar Laubaha–Viljamsa vienaspusēji un divpusēji filtrētiem (*LW1side* un *LW2side*)¹ DPL aprēķiniem. Tā kā Laubaha–Viljamsa aprēķinā izmantoti ceturkšņa dati, pētījumā veikta aprēķina datu regularitātes maiņa no mēneša uz ceturkšņa datiem, izvēloties katra ceturkšņa beigu novērojumu. Visiem novērtējumiem raksturīga lejupvērsta tendence. Tomēr šķiet, ka līdzīgi eiro zonai šī tendence 2012. gada beigās izzuda. Izlases sākumā ēnu procentu likmes modeļa atbilstošais DPL novērtējums atšķiras no novērtējuma ar Laubaha–Viljamsa modeli. 2006. gada 1. ceturksnī DPL starpība ar *LW1side* novērtējumu bija 1.6%, bet ar *LW2side* novērtējumu – 0.8%. 2008. gada 3. ceturksnī DPL 2008 un *LW1side* starpība bija 0.5%, bet DPL 2008 un *LW2side* starpība – 1.1%. Savukārt pēc 2013. gada 2. ceturkšņa atšķirības starp Laubaha–Viljamsa modeļa un ēnu procentu likmes modeļa novērtējumiem ir nenozīmīgas. Piemēram, izlases beigās 2017. gada 2. ceturksnī DPL vērtības *LW1side*, *LW2side*, DPL 2006 un DPL 2008 bija attiecīgi 0.22%, 0.22%, 0.14% un 0.34%.

3. attēls

Ēnu procentu likmes modeļa un Laubaha–Viljamsa modeļa ASV DPL



6. NO TEILORA LIKUMA IZRIETOŠĀS MONETĀRĀS POLITIKAS PROCENTU LIKMES

No monetārās politikas perspektīvas DPL ir kā atskaites punkts, lai ar Teilora likuma starpniecību veicinātu monetārās politikas nominālās īstermiņa procentu likmes izmantošanas iespēju:

$$i_t = r_t^* + \pi^* + 0.5(\pi_t - \pi^*) + 0.5(y_t - y_t^*) \quad (10),$$

kur i_t izsaka monetārās politikas procentu likmes, kas noteikta, izmantojot Teilora likumu, vērtību, ar r_t^* apzīmē DPL, π_t ir cenu inflācija, $\pi^* = 2$ ir inflācija ar 2%

¹ Laubaha–Viljamsa aprēķini iegūti interneta vietnē (<http://www.frbsf.org/economic-research/economists/LWreplication.zip>).

ilgāka termiņa inflācijas mērķi, y_t apzīmē produkcijas izlaidi un y_t^* ir potenciālā produkcijas izlaide. Savā agrīnajā darbā Dž. B. Teilors (28) pieņem, ka r_t^* ir nemainīgi 2%, t.i., vidējais reālās tendences IKP pieaugums 1984.–1992. gadā. Savukārt Dž. L. Jelenā (*J. L. Yellen*) (33) pieļauj mainīgu dabisko reālo procentu likmi, balstoties uz ekonometriskajiem aprēķiniem, uzskatot, ka esošos zemu procentu likmju apstākļos šāds pieņēmums vairāk atbilst realitātei. Dažādu autoru daudzie aprēķini apstiprina pēdējā minētā uzskata patiesumu. Tomēr Dž. B. Teilors un F. Vīlānds (*V. Wieland*) (29) apstrīd šādu uz DPL novērtējumu pamatotu pieeju, apgalvojot, ka tā nav precīza un nav objektīva ignorēto mainīgo un vienādojumu problēmas dēļ.

Savukārt šajā pētījumā, novērtējot monetārās politikas īstermiņa procentu likmes, izmantots Teilora–Jelenas likuma paveids, t.s. līdzsvara pieejas likums (BGFRS (4)), kur ražošanas apjoma starpība tuvināta bezdarba starpībai, izmantojot Okuņa (*Okun*) likumu:

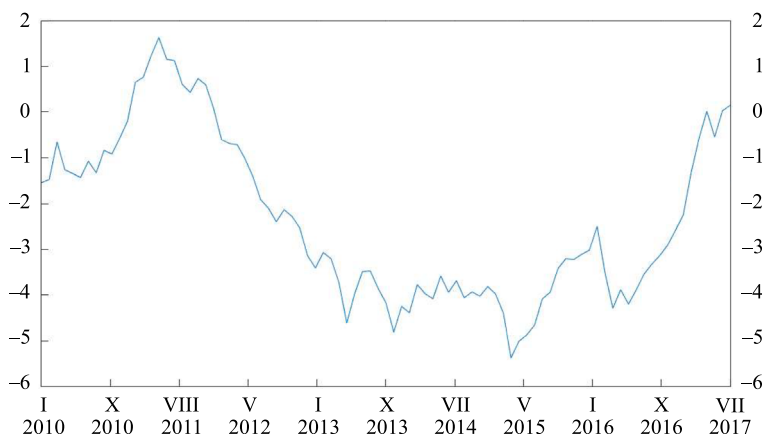
$$i_t = r_t^* + \pi_t + 0.5(\pi_t - \pi^*) + 2(u_t^* - u_t) \quad (11),$$

kur u_t ir bezdarbs, bet u_t^* – bezdarba līmenis ilgākā termiņā.

4. attēlā atspoguļota monetārās politikas īstermiņa procentu likme, ko nosaka līdzsvara pieejas likums ar likmi r_t^* , kas aizvietota ar DPL 2008.² 4. attēlā parādīts, ka kopš 2012. gada sākuma nominālā īstermiņa procentu likme, ko nosaka, izmantojot šo likumu, bija negatīva. 2015. gada janvārī monetārās politikas procentu likme bija mazāka par –5%, sasniedzot minimālo līmeni. Centrālajai bankai ir gandrīz neiespējami noturēt šādu negatīvu monetārās politikas procentu likmi. Iespējams, ka šā iemesla dēļ tieši šajā laikā, t.i., kad eiro zonas tautsaimniecībai monetārā stimulēšana bija visvairāk vajadzīga, ECB paziņoja par PAIP. Ar 2016. gada vidu procentu likme pakāpeniski paaugstinājās, un saskaņā ar pēdējo novērtējumu 2017. gada jūlijā DPL 2008 un DPL 2009 bija attiecīgi 0.15% un 0.22%. Šī procentu likme ir ļoti tuvu pašlaik piemērotajai ECB monetārās politikas procentu likmei (fiksēta procentu likme; 0%).

4. attēls

Monetārās politikas nominālās procentu likmes, kas noteiktas, izmantojot līdzsvara pieejas likumu



² Starpība starp monetārās politikas īstermiņa procentu likmēm, kas balstās uz DPL 2008 un DPL 2009 novērtējumu, ir gandrīz nenozīmīga.

7. SECINĀJUMI

Šajā pētījumā aprēķināta līdzsvara nominālā procentu likme, izmantojot procentu likmju modeļa ēnu procentu likmju termiņstruktūru un eiro zonas un ASV nominālo peļņas likmju datus. Pēc tam, izmantojot Fišera vienādojumu un inflācijas mijmaiņas darījumu datus, novērtēta reālā DPL. Attiecībā uz eiro zonu aplūkoti trīs alternatīvi izlašu novērtēšanas periodi, kas sākas 2005. gada jūlijā, 2008. gada maijā un 2009. gada jūlijā. Visās izlasēs var novērot, ka DPL tendence ir nedaudz lejupvērsta. Tomēr šī tendence 2013. gadā beidzās. DPL aplēses, kas veiktas ar ēnu procentu likmes modeli, ir zemākas salīdzinājumā ar afīnā modeļa aplēsēm. Taču izlases perioda beigās aplēšu atšķirība ir neliela. Aptuveni ar 2013. gada 3. ceturksni aprēķini, kas veikti ar ASV datiem, ir tuvu ar Laubaha–Viljamsa (22) metodi veiktajam novērtējumam.

Zinot DPL novērtējumu, centrālās bankas iegūst papildu informāciju, kas palīdz tām pieņemt monetārās politikas lēmumus. Pētījumā īstermiņa nominālā procentu likme aprēķināta, izmantojot Teilora likuma variantu, t.s. līdzsvara pieejas likumu. Lai gan procentu likme, kas noteikta, izmantojot Teilora likumu, minimālo līmeni sasniedza 2015. gada janvārī, t.i., laikā, kad ECB paziņoja par PAIP uzsākšanu, izlases pēdējā perioda (2017. gada jūlija) novērtējums ir 15 bāzes punktu un 22 bāzes punkti, t.i., tuvu ECB monetārās politikas procentu likmes līmenim.

LITERATŪRA

1. AJEVSKIS, Viktors. *Procentu likmju modeļa ar nulles zemāko robežu termiņstruktūra un Eiropas Centrālās bankas nestandarta monetārās politikas pasākumi*. Rīga: Latvijas Banka, 2016. Pētījums 2/2016. 18 lpp.
2. BARSKY, Robert, JUSTINIANO, Alejandro, MELOSI, Leonardo. The Natural Rate of Interest and Its Usefulness for Monetary Policy. *American Economic Review*, vol. 104, No. 5, May 2014, pp. 37–43.
3. BAUER, Michael D., RUDEBUSCH, Glenn D. *Interest Rates under Falling Stars*. Federal Reserve Bank of San Francisco Working Paper, No. 2017-16, November 2017.
4. BGFRS. *Board of Governors of the Federal Reserve System Monetary Policy Report*, 7 July 2017. 67 p.
5. BRZOZA-BRZEZINA, Michał, KOTŁOWSKI, Jacek. Measuring the Natural Yield Curve. *Applied Economics*, vol. 46, issue 17, 2014, pp. 2052–2065.
6. CHRISTENSEN, Jens H. E., DIEBOLD, Francis X., RUDEBUSCH, Glenn D. An Arbitrage-Free Generalized Nelson–Siegel Term Structure Model. *Econometrics Journal*, Royal Economic Society, vol. 12, No. 3, November 2009, pp. 33–64.
7. CHRISTENSEN, Jens H. E., RUDEBUSCH, Glenn D. Estimating Shadow-Rate Term Structure Models with Near-Zero Yields. *Journal of Financial Econometrics*, vol. 13, issue 2, March 2015, pp. 226–259.
8. CHRISTENSEN, Jens H. E., RUDEBUSCH, Glenn D. *A New Normal for Interest Rates? Evidence from Inflation-Indexed Debt*. Federal Reserve Bank of San Francisco Working Paper, No. 2017-07, July 2017.
9. CIESLAK, Anna, POVALA, Pavol. Expected Returns in Treasury Bonds. *The Review of Financial Studies*, vol. 28, issue 10, 2015, pp. 2859–2901.
10. COMUNALE, Mariarosaria, STRIAUKAS, Jonas. *Unconventional Monetary Policy: Interest Rates and Low Inflation: A Review of Literature and Methods*. CORE Louvain DP, No. 2017/26, September 2017. 54 p.
11. CÚRDIA, Vasco, FERRERO, Andrea, NG, Ging Cee, TAMBALOTTI, Andrea. Has U.S. Monetary Policy Tracked the Efficient Interest Rate? *Journal of Monetary Economics*, vol. 70, issue C, 2015, pp. 72–83.
12. DEL NEGRO, Marco, GIANNONE, Domenico, GIANNONI, Marc, TAMBALOTTI, Andrea. *Safety, Liquidity, and the Natural Rate of Interest*. Brookings Papers on Economic Activity, BPEA Conference Drafts, 23–24 March, 2017. 77 p.
13. DEWACHTER, Hans, LYRIO, Marco. Macro Factors and the Term Structure of Interest Rates. *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 38, issue 1, 2006, pp. 119–140.
14. GÜRKAYNAK, Refet, SACK, Brian, WRIGHT, Jonathan. The U.S. Treasury Yield Curve: 1961 to the Present. *Journal of Monetary Economics*, vol. 54, issue 8, 2007, pp. 2291–2304.

15. HAMILTON, James D., HARRIS, Ethan S., HATZIUS, Jan, WEST, Kenneth D. *The Equilibrium Real Funds Rate: Past, Present and Future*. NBER Working Paper, No. 21476, August 2015. 82 p.
16. HÖRDAHL, Peter, TRISTANI, Oreste, VESTIN, David. A Joint Econometric Model of Macroeconomic and Term-Structure Dynamics. *Journal of Econometrics*, vol. 131, issue 1–2, 2006, pp. 405–444.
17. ICHIUE, Hibiki, UENO, Yoichi. *Estimating Term Premia at the Zero Bound: An Analysis of Japanese, US, and UK Yields*. Bank of Japan Working Paper, No. 13-E-8, May 2013. 30 p.
18. KORTELA, Tomi. *A Shadow Rate Model with Time-Varying Lower Bound of Interest Rates*. Bank of Finland Research Discussion Paper, No. 19/2016, 2016. 54 p.
19. KRIPPNER, Leo. *A Comment on Wu and Xia (2015), and the Case for Two-Factor Shadow Short Rates*. CAMA Working Paper, No. 48/2015, 2015, Australian National University, December 2015. 38 p.
20. KRIPPNER, Leo. A Theoretical Foundation for the Nelson–Siegel Class of Yield Curve Models. *Journal of Applied Econometrics*, vol. 30, No. 1, January 2015, pp. 97–118.
21. KRIPPNER, Leo. *Zero Lower Bound Term Structure Modeling: A Practitioner's Guide*. Palgrave Macmillan, 2015. 409 p.
22. LAUBACH, Thomas, WILLIAMS, John C. Measuring the Natural Rate of Interest. *The Review of Economics and Statistics*, MIT Press, vol. 85, issue 4, November 2003, pp. 1063–1070.
23. LAUBACH, Thomas, WILLIAMS, John C. Measuring the Natural Rate of Interest Redux. *Business Economics*, vol. 51, No. 2, 2016, pp. 57–67.
24. LEMKE, Wolfgang, VLADU, Andreea L. *Below the Zero Lower Bound – A Shadow-Rate Term Structure Model for the Euro Area*. Deutsche Bundesbank Discussion Paper, No. 32/2016, 2016. 50 p.
25. RUDEBUSCH, Glenn D., WU, Tao. A Macro-Finance Model of the Term Structure, Monetary Policy and the Economy. *Economic Journal*, No. 118, July 2008, pp. 906–926.
26. SPENCER, Peter D. Stochastic Volatility in a Macro-Finance Model of the U.S. Term Structure of Interest Rates 1961–2004. *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 40, issue 6, September 2008, pp. 1177–1215.
27. SUMMERS, Lawrence H. U.S. Economic Prospects: Secular Stagnation, Hysteresis, and the Zero Lower Bound. *Business Economics*, vol. 49, No. 2, 2014, pp. 65–73.
28. TAYLOR, John B. *Discretion versus Policy Rules in Practice*. Carnegie–Rochester Conference Series on Public Policy 39, 1993, pp. 195–214.
29. TAYLOR, John B., WIELAND, Volker. *Finding the Equilibrium Real Interest Rate in a Fog of Policy Deviations*. CEPR Discussion Paper, No. DP11264, May 2016. 22 p.

30. WILLIAMS, John C. The Decline in the Natural Rate of Interest. *Business Economics*, vol. 50, issue 2, April 2015, pp. 57–60.
31. WILLIAMS, John C. *Monetary Policy in a Low R-star World*. Federal Reserve Bank of San Francisco Economic Letter No. 2016-23, 15 August 2016.
32. YELLEN, Janet L. *Normalizing Monetary Policy: Prospects and Perspectives*. Remarks at the conference on New Normal Monetary Policy, Federal Reserve Bank of San Francisco. Board of Governors of the Federal Reserve System (US), 2015.