

VIACROZMERNÝ FILTER S NEMERATEĽNÝMI STAVMI

Zuzana Antoničová, Juraj Huček*

Úvod

Národná banka Slovenska v menovom programe do roku 2008 definovala výkon menovej politiky ako inflačné ciele v podmienkach ERM II. Zároveň prezentovala zvýšený dôraz na komunikačné aktivity spolu s vysvetľovaním príčinných súvislostí a dopadov jednotlivých krokov na realizáciu menovej politiky. Zverejnenie analytických výstupov a ich prezentácia je súčasťou efektívneho a transparentného fungovania menovej politiky NBS. Po zverejnení jednoduchého modelu transmisného mechanizmu QPM¹ prezentuje Národná banka Slovenska ďalší model – **viacrozmerný filter s nemerateľnými stavmi, MVF-UC** (*Multivariate Filter with Unobserved Components*). Úlohou tohto modelu, ktorý je súčasťou predikčného a analytického systému, je oddeliť cyklickú a trendovú zložku ekonomických veličín z historických údajov.

Cieľom tejto práce je popísať odhad cyklických a trendových zložiek ekonomických veličín, ako sú potenciálny produkt, rovnovážne úrokové sadzby a rovnovážny výmenný kurz. Prvá časť je venovaná definovaniu základných indikátorov hospodárskeho cyklu a prístupov k odhadu potenciálneho produktu. Druhá časť sa podrobne venuje popisu modelu pre odhad cyklických a trendových zložiek na základe štruktúrného systému časových radov s nemerateľnými stavmi s využitím Kalmanovho filtračného algoritmu. Tretia časť prezentuje výsledky odhadu trendových a cyklických zložiek a porovnáva algoritmus so štandardnými prístupmi.

Teória hospodárskeho cyklu

Základom správneho rozhodovania pri výkone hospodárskej politiky je znalosť aktuálneho stavu hospodárstva krajiny. Tá je východiskom pri formovaní predpokladov o budúcom vývoji, s prípadnými implikáciami na následné hospodársko-politické rozhodnutia, pokiaľ sa aktuálny stav javí ako neželateľný. V najvšeobecnejšom ponímaní sa za želateľný považuje taký stav, keď je ekonomická aktivita na dlhodobu udržateľnej, primera-

ne vysokej a vyváženej úrovni. Prekračovanie tejto úrovne je pre hospodárstvo veľká záťaž a vyvoláva v ňom nerovnováhu. Pre menovú politiku, ktorá má zabezpečovať cenovú stabilitu, takéto narušenie hospodárstva indikuje vznik dopytových tlakov a vychýlenie inflácie od svojej želannej, cielenej trajektórie. Naopak, keď ekonomická aktivita nedosahuje svoje možnosti, hospodárstvo sa stáva málo výkonným, inflácia klesá a narušuje sa aj jeho rovnováha.

Produkčná medzera, definovaná ako percentuálna odchýlka celkového produktu ekonomiky od jeho potenciálnej úrovne, sa považuje za kľúčový indikátor stavu ekonomiky. Kým celkový produkt ekonomiky je v princípe možné merať (vhodný a najčastejšie používaný ukazovateľ je hrubý domáci produkt), potenciálny produkt je zo svojej podstaty hypotetická, nemerateľná veličina a treba ju odhadovať.

Metódy odhadu potenciálneho produktu sú úzko späté s tým, čo sa chápe pod pojmom „potenciál“. V literatúre býva obvykle definovaný tzv. **rovnovážny produkt** ako hypotetický produkt, ktorý je dosiahnutý pri optimálnej alokácii na trhu výrobných faktorov a na trhu tovarov a služieb. Ekonomika k nemu pri vhodnej hospodárskej politike konverguje. Niekedy sa nazýva aj potenciálnym produktom, avšak kvôli presnému vymedzeniu pojmov sa bude používať iba pojem rovnovážny produkt. **Pod potenciálnym produktom sa v ďalšom texte rozumie taký rovnovážny produkt, ktorý neakceleruje infláciu.** Ak je produkčná medzera kladná, vytvára to tlak na rast miery inflácie. Keď je záporná, inflácia má tendenciu k poklesu. Preto keď je produkčná medzera uzavretá a ekonomika sa nachádza v rovnováhe, inflácia zotrváva na konštantnej úrovni.

Predchádzajúca definícia má svoje opodstatnenie najmä pre potreby menovej politiky, pretože dáva do priamej súvislosti vývoj ekonomiky v rámci hospodárskeho cyklu so zmenami inflácie. Takýmto spôsobom je identifikovaná časť tzv. nepriameho kanálu transmisného mechanizmu, cez ktorý menová autorita ovplyvňuje budúci vývoj inflácie žiaducim smerom.

Viacrozmerný filter s nemerateľnými stavmi je jedným z nástrojov na odhadovanie dlhodobých rovnovážnych trendov (a príslušných odchýlok od týchto trendov – medzier) relevantných ekonomickým ukazovateľov. Pomocou predpokladaných ekonomických väzieb a s využitím historických údajov rekonštruuje najpravdepodobnejší vývoj nemerateľných veličín, ako sú pro-

* Zuzana Antoničová – Česká národní banka, Juraj Huček – Národná banka Slovenska. V čase spracovania tohto materiálu boli obaja autori zamestnancami Národnej banky Slovenska.

¹ Gavura, M., Reľovský, B.: Jednoduchý model transmisného mechanizmu ekonomiky SR, jeho štruktúra a vlastnosti. *Biatic*, roč. 13, 2005, č. 4, s. 12 – 19.



dukčná medzera, potenciálny produkt, rovnovážne úrokové sadzby a rovnovážny výmenný kurz. Najväčší dôraz sa z pochopiteľných príčin kladie na kvalitu odhadov z najaktuálnejšieho obdobia, preto je dôležitá metodológia získania týchto odhadov a konfrontácia výstupov s odhadmi využívajúcimi iné prístupy.

V odbornej literatúre boli použité rôzne metódy odhadu nemerateľných veličín. Sú to napr. Hodrick-Prescottov filter, viacrozmerný zovšeobecnený Hodrick-Prescottov filter, ďalej metóda založená na štrukturálnych VAR modeloch alebo odhad z produkčnej funkcie. V posledných rokoch sa do popredia dostáva Kalmanov filter, ktorý využíva stavovú reprezentáciu modelu na odhad nemerateľných veličín.

Hodrick-Prescottov filter, HP filter, je definovaný ako riešenie dynamického optimalizačného problému

$$\min_{y_t^p} \sum_{t=1}^T (y_t - y_t^p)^2 + \lambda [(y_{t+1}^p - y_t^p) - (y_t^p - y_{t-1}^p)]^2, \lambda > 0,$$

kde y_t a y_t^p sú skutočné a trendové stavy ekonomických veličín. Vyhladzovací parameter λ musí byť určený vopred. Malé hodnoty λ spôsobujú, že potenciálny produkt sa pohybuje tesne popri reálnom produkte, a naopak, pre veľké hodnoty λ je potenciálny produkt hladký a blíži sa k lineárnemu trendu preloženému cez pôvodné dáta.

HP filter sa často používa pri odhadovaní nielen potenciálneho produktu, ale aj ďalších ekonomických nemerateľných veličín. Táto popularita súvisí s jeho jednoduchosťou a nenáročnosťou na údaje.

Závažným nedostatkom HP filtra je, že značne vychýľuje odhady na začiatku a na konci pozorovaného obdobia. Odchýlka súvisí priamo s definíciou filtra – na odhad v čase sa využívajú aj hodnoty minulé a budúce, ktoré nie sú k dispozícii. Keďže presný odhad trendu na konci pozorovaného obdobia je najdôležitejší (z hospodárskopolitického hľadiska sú najpodstatnejšie práve informácie o súčasnosti a budúcnosti), metóda odhadu pomocou HP filtra sa stáva prakticky málo použiteľnou. Problémom je aj stanovenie hodnoty vyhladzovacieho parametra λ , pretože ekonomické odôvodnenie výberu vhodnej úrovne previazanosti skutočného a potenciálneho produktu nie je zrejmé.

Ďalším obmedzením HP filtra je, že neobsahuje v sebe informáciu o skutočnom stave ekonomiky. Podobne ako iné čisto štatistické filtre, metóda neumožňuje využiť žiadne ekonomické väzby pri odhadovaní nemerateľných veličín. Rovnako nedokáže zachytiť štrukturálne zmeny, ktoré sú typické pre tranzitívne ekonomiky. Preto ani nie je zaručené, že odhad potenciálneho produktu pomocou HP filtra je odhadom v zmysle definície, teda či je to skutočne taký produkt, ktorý neakceleruje infláciu.

Viacrozmerný zovšeobecnený Hodrick-Prescottov filter do dynamického optimalizačného problému zahŕňa aj informáciu o štruktúre získanú z ekonomickej teórie, napr. rezíduá ε_t odhadnuté z Phillipsovej krivky:

$$\min_{y_t^p} \sum_{t=1}^T (y_t - y_t^p)^2 + \lambda_p [(y_{t+1}^p - y_t^p) - (y_t^p - y_{t-1}^p)]^2 + \lambda_\varepsilon \varepsilon_t^2, \lambda_p, \lambda_\varepsilon > 0.$$

Parametre λ_p a λ_ε , ktoré musia byť vopred zadané, určujú váhy, aké sa prikladajú jednotlivým komponentom. Hoci je takto upravený filter podstatným zlepšením odhadu oproti jednoduchému HP filtru, stále priamo nerieši problém vychýlených odhadov na konci pozorovaného obdobia. Navyše môže byť náročné riešiť zároveň HP filter a odhadovať štrukturálny vzťah. Taktiež voľba váh λ_p a λ_ε nie je jednoznačná.

Metódy založené na **štrukturálnych vektorových autoregresných modeloch, SVAR** (*Structural Vector Autoregression*), sú vhodné na (hlavne krátkodobé) prognózy mimo pozorovaného obdobia, pretože už nevychýľujú začiatkové a koncové odhady. Navyše sa do nich priamo zakomponujú ekonomické informácie. Odhad SVAR modelu je pomerne komplikovaný a vyžaduje si dlhé časové rady pozorovaní. Najprv sa odhaduje model VAR bez reštrikcií a potom sa dopočítavajú odhady koeficientov pre štrukturálny model VAR. Prechod od modelu VAR k modelu SVAR si vyžaduje dodatočné reštrikcie, pretože model SVAR je podidentifikovaný. Slabosťou ostáva, podobne ako v predchádzajúcich metódach, že sa explicitne nevyužívajú definície potenciálneho produktu – teda že inflácia je na cieľovej úrovni, keď reálny a potenciálny produkt sú na rovnakej úrovni.

Iným prístupom, založeným na mikroekonomických princípoch, je odhad potenciálneho produktu (alebo skôr rovnovážneho produktu v zmysle definície) cez **produkčnú funkciu**:

$$y_t^p = f(l_t^p, k_t^p, c_t^p),$$

kde l_t^p , k_t^p a c_t^p sú trendové zložky práce, kapitálu a produktivity faktorov. V praxi sa väčšinou používa Cobb-Douglasova produkčná funkcia vďaka svojej jednoduchosti. Prístup cez produkčnú funkciu síce priamo využíva mikroekonomické väzby a odhadne závislosť potenciálneho produktu od vstupov, nerieši však samotný problém získania trendových zložiek vstupov. Opäť je potrebné aplikovať nejaký štatistický filter. Navyše, údaje za technický pokrok a kapitálovú zásobu nie sú pre slovenskú ekonomiku momentálne k dispozícii.

Pre menovo-politické rozhodovanie je podstatné prepojenie spotrebiteľských cien s reálnou ekonomikou a zároveň definovanie neinflačného produktu, t. j. produktu, v ktorom je vývoj cien taktiež rovnovážny, čo



v prípade inflačného cielenia znamená, že inflácia sa nachádza v celi. Ako najvhodnejší sa preto javí prístup, kde je priamo zahrnutá definícia potenciálneho produktu. Toto umožňuje štrukturálny modelový systém s nemerateľnými stavmi. Podobne ako model SVAR je postavený na vzťahoch z ekonomickej teórie, ale navyše môže obsahovať nemerateľné premenné, ktoré sa dajú odhadovať pomocou rekurzívneho Kalmanovho filtračného algoritmu.

Kalmanov filter

Kľúčovým prínosom Kalmanovho filtra je prepísanie odhadovaného dynamického systému na špeciálnu formu, tzv. stavovú reprezentáciu modelu (*State Space Representation*). Kalmanov filter postupne aktualizuje lineárnu projekciu systému.

Stavová reprezentácia dynamického systému sa skladá z dvoch skupín rovníc. V prvej skupine sa merateľné premenné y_t pozorované v čase t opíšu pomocou tzv. stavových premenných ξ_t , exogénnych (vopred známych) premenných x_t a náhodných odchýlok w_t . Stavové premenné už nemusia byť merateľné. Maticový zápis prvého bloku rovníc sa nazýva **rovnica pozorovaní** a vyzerá takto:

$$y_t = A_t x_t + H_t \xi_t + w_t.$$

Druhý blok, **stavová rovnica**, popisuje stavové premenné ako vektorový autoregresný proces:

$$\xi_{t+1} = F_t \xi_t + B_t x_t + v_t.$$

Vektory w_t a v_t spĺňajú podmienky bieleho šumu a sú nekorelované:

$$E(w_t, w_t^t) = R_t \text{ pre } t = \tau, 0 \text{ inak,}$$

$$E(v_t, v_t^t) = Q_t \text{ pre } t = \tau, 0 \text{ inak,}$$

$$E(v_t, w_t^t) = 0 \text{ pre ľubovoľné } t \text{ a } \tau,$$

kde R_t a Q_t sú variančno-kovariančné matice chybových členov w_t a v_t .

Matice A_t , B_t , H_t , F_t , R_t a Q_t sú matice parametrov modelu, ktoré nemusia byť konštantné v čase. Ich hodnoty sa dajú odhadnúť pomocou Kalmanovho filtra metódou maximálnej vierohodnosti.

Podrobný popis Kalmanovho filtra s ďalšími predpokladmi poskytuje napr. Hamilton (1994) alebo Harvey (1989).

Modelový odhad produkčnej medzery

V nasledujúcej časti je podrobnejšie popísaný **viacrozmerný filter s nemerateľnými stavmi (MVF-UC)**, ktorý je podporným nástrojom predikčného a analytického systému menovej politiky. Jeho základná filozofia

a štruktúra je konzistentná s ďalším modelovým aparátom systému, štvrtročným predikčným modelom (QPM). MVF-UC je navrhnutý tak, aby obsahoval rovnakú špecifikáciu relevantných rovníc ako QPM. Navyše umožňuje podrobnejšie identifikovať štatistické vlastnosti správania jednotlivých veličín s možnosťou odhadnúť niektoré parametre. Pri aplikácii tohto prístupu sa teda využívajú súčasne ekonomické väzby, ktorých platnosť predpokladá teória, expertný pohľad odborníkov využitý pri kalibrácii jadrového modelu a zároveň štatistický odhad zvyšných parametrov.

Pri formulácii modelu sa vychádzalo zo základných makroekonomických vzťahov. Je zrejme, že na potenciálny produkt je cez ekonomické väzby naviazaný reálny produkt, teda to, čo sa v skutočnosti v celom hospodárstve vyprodukuje. Bežne používaným ukazovateľom reálneho produktu je hrubý domáci produkt v stálych cenách. Ďalšou ekonomickou veličinou, s ktorou je potenciálny produkt spätý, je (z definície) inflácia. Dôležitú úlohu majú aj očakávania. Inflačné očakávania majú významný vplyv na reálnu ekonomiku cez mzdové vyjednávania, môžu napomôcť alebo naopak oddialiť dosiahnutie vopred vyhláseného inflačného cieľa. Očakávania sú merané ako vážený priemer adaptívnych a racionálnych očakávaní.

Z pohľadu menovej politiky je najvýznamnejšou väzba medzi menovo-politickými premennými, ako sú úrokové sadzby a výmenný kurz, a reálnou stránkou ekonomiky. Vychádzajúc z UIP podmienky, existuje nejaká rovnovážna trajektória pre reálne úrokové sadzby a reálny výmenný kurz. Odchýlky reálnych sadzieb a kurzu od rovnovážneho vývoja vytvárajú tlak na vychýlenie reálneho produktu od potenciálu a môžu viesť k zmene veľkosti produkčnej medzery. Pre zjednodušenie, úroková medzera a kurzová medzera sú agregované do jedného ukazovateľa, indexu reálnych menových podmienok, ktorý je ich váženým priemerom.

Prvým krokom pri odhade celkového stavu ekonomiky je odhad nastavenia reálnych menových podmienok, ktoré ovplyvňujú správanie celej ekonomiky. Inými slovami, je potrebné zistiť, či menová politika pôsobí na ekonomiku tlmiaco, alebo či stimuluje ekonomiku k rýchlejšiemu hospodárskemu rastu. Nevyhnutným krokom je odhadnúť rovnovážne trendy reálnych úrokových sadzieb, reálneho výmenného kurzu a rizikovej prémie. Najprv je potrebné určiť, prípadne odhadnúť rovnovážnu úroveň zahraničnej reálnej úrokovvej sadzby, ktorá v modeli pre slovenské hospodárstvo vystupuje ako vysvetľujúca (exogénna) premenná. Tu je možné zvoliť viacero prístupov, napr. považovať rovnovážnu zahraničnú sadzbu za konštantnú a odhadnúť ju ako priemer reálnych sadzieb za pozorované obdobie, alebo ju odhadnúť napr. cez HP-filter. V modeli je využitý prístup odhadu cez jednorozmerný Kalmanov filter:



- (1) $r_t^f = \bar{r}_t^f + \hat{r}_t^f$
- (2) $\Delta \bar{r}_t^f = \varepsilon_t^{\bar{r}^f}$
- (3) $\hat{r}_t^f = \varepsilon_t^{\hat{r}^f}$

Rozdiel medzi reálnou zahraničnou úrokovou sadzbou r_t^f a rovnovážnou sadzbou \bar{r}_t^f sa z definície rovná medzere v zahraničnej úrokovej sadzbe \hat{r}_t^f . Rovnice (2) a (3) určujú štatistické vlastnosti oboch odhadovaných premenných.

V ďalšom kroku už rovnovážna zahraničná úroková sadzba vystupuje ako exogénna:

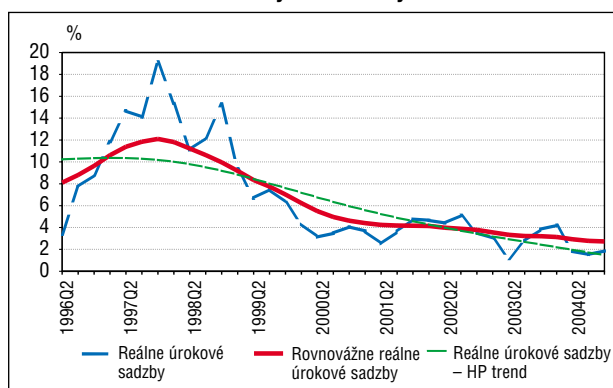
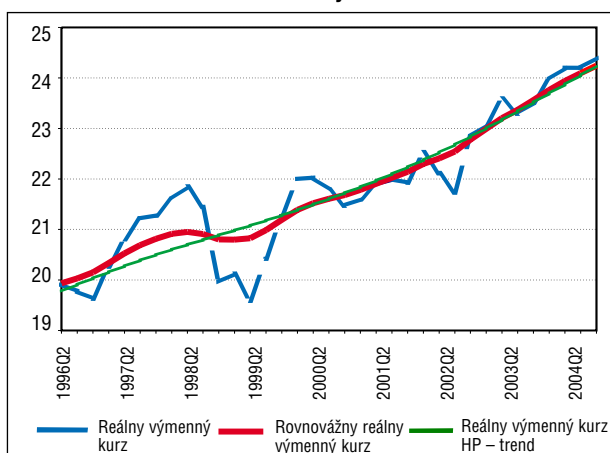
- (4) $r_t = \bar{r}_t + \hat{r}_t$
- (5) $z_t = \bar{z}_t + \hat{z}_t$
- (6) $q_t = \bar{q}_t + \hat{q}_t$
- (7) $-4\Delta \bar{z}_t = \bar{r}_t - \bar{r}_t^f - \bar{q}_t$
- (8) $\Delta \bar{r}_t = \varepsilon_t^{\bar{r}}$
- (9) $\Delta \bar{z}_t = \bar{\rho} + \varepsilon_t^{\bar{z}}$
- (10) $\hat{r}_t = \varepsilon_t^{\hat{r}}$
- (11) $\hat{z}_t = \varepsilon_t^{\hat{z}}$
- (12) $\hat{q}_t = \varepsilon_t^{\hat{q}}$

Prvé tri rovnice (4) – (6) sú identity pre reálnu domácu úrokovú sadzbu r_t , reálny výmenný kurz z_t a reálnu rizikovú prémiiu q_t . Rovnovážne hodnoty premennej x sú označené \bar{x} , a prislúchajúce medzery majú ako identifikátor \hat{x} .

Rovnica (7) je **rovnovážna UIP podmienka** (*Uncovered Interest Rate Parity*). Hovorí, že v rovnováhe kurz znehodnocuje (zhodnocuje) úmerne ku kladnému (zápornému) úrokovému diferenciatu, upravenému o rizikovú prémiiu. Posledných päť rovnic (8) – (12) popisuje štatistické vlastnosti jednotlivých premenných, o ktorých sa predpokladá, že rezíduá spĺňajú podmienky bieleho šumu.

Výsledky odhadu reálnej rovnovážnej úrokovej sadzby a reálneho rovnovážneho kurzu sú zobrazené v grafoch 1 a 2.

Zaujímavým výstupom tejto časti modelu je parameter $\bar{\rho}$, ktorý sa dá interpretovať ako trendová apreciácia

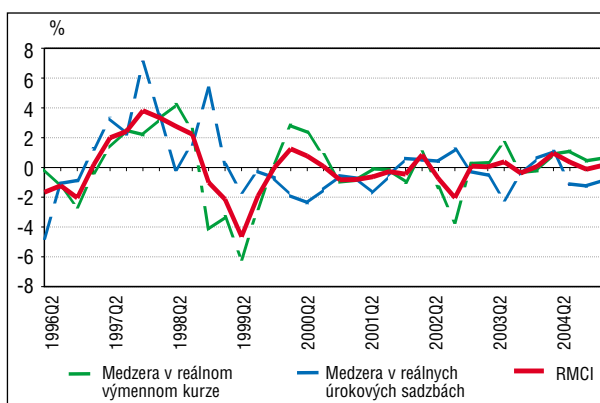
Graf 1 Odhad rovnovážnych úrokových sadzieb

Graf 2 Odhad rovnovážneho výmenného kurzu


rovnovážneho výmenného kurzu. Model predpokladá, že z dlhodobého hľadiska je apreciácia rovnovážneho kurzu konštantná, pričom jej úroveň je odhadnutá. Okrem iného je možné odhadnúť aj prislúchajúcu dlhodobú rovnovážnu úroveň úrokovej sadzby.

Z odhadov medzier pre domácu úrokovú sadzbu a kurz je dopočítaný **index reálnych menových podmienok** $rmci_t$, ako ich vážený priemer (graf 3):

$$(13) \quad rmci_t = \beta \hat{r}_t + (1 - \beta) \hat{z}_t$$

Parameter β je stanovený expertne v jadrovom modeli a zohľadňuje váhy, akými pôsobí menová politika cez jednotlivé menovo-politické premenné na reálnu ekonomiku.

Graf 3 Odhad indexu reálnych menových podmienok (RMCI) a jeho zložiek


Jadrom odhadu produkčnej medzery sú rovnice popisujúce väzby medzi infláciou, reálnym produktom, potenciálnym produktom a produkčnou medzerou a reakcie týchto veličín na nastavené menové podmienky, pričom $rmci_t$ vystupuje v tejto časti ako exogénna premenná. Sú to rovnice pre agregátny dopyt (IS krivky) a agregátnej ponuky (modifikovaná Phillipsova krivka).

Pri pohľade na spätný vývoj hrubého domáceho pro-



duktu je zrejme, že fiškálna politika mala významnú úlohu pri jeho tvorbe, osobitne v rokoch 1996 – 1998. Model nezohľadňuje explicitne fiškálny vývoj, pretože menová politika naň nemá priamy vplyv. Preto je potrebné rozdeliť HDP na dve zložky. Prvá zložka, tzv. súkromný sektor y_t^{prv} , bude podľa predpokladov reagovať na zásahy do menovej politiky. Druhá zložka, tzv. verejný sektor y_t^{gov} , na zmeny v menovej politiky nereaguje. Do verejného sektora sú vyčlenené vládne investície a konečná spotreba sektora verejnej správy. Súkromný sektor je dopočítaný ako rozdiel medzi HDP a verejným sektorom.

Ku každému sektoru prislúcha jeho potenciálna úroveň (označená pruhom) a medzera (označená strechou). Rovnice (14) a (15) vyjadrujú tieto identity:

$$(14) y_t^{prv} = \bar{y}_t^{prv} + \hat{y}_t^{prv}$$

$$(15) y_t^{gov} = \bar{y}_t^{gov} + \hat{y}_t^{gov}$$

Rovnica (16) očisťuje čistú infláciu bez pohonných hmôt π_t^{netexe} od vplyvu náhodných šokov. Očistená inflácia je označená vlnkou:

$$(16) \pi_t^{netexe} = \tilde{\pi}_t^{netexe} + \varepsilon_t^{\pi^{netexe}}$$

Blok nasledujúcich piatich stochastických rovníc a dvoch identít popisuje správanie všetkých nemerateľných veličín. Je jadrom celého modelu.

$$(17) \Delta \bar{y}_t^{prv} = \phi_1 \Delta \bar{y}_{t-1}^{prv} + (1 - \phi_1) \bar{\mu}_1 + \varepsilon_t^{\bar{y}^{prv}}$$

$$(18) \Delta \bar{y}_t^{gov} = \phi_2 \Delta \bar{y}_{t-1}^{gov} + (1 - \phi_2) \bar{\mu}_2 + \varepsilon_t^{\bar{y}^{gov}}$$

$$(19) \hat{y}_t^{prv} = \alpha_1 \hat{y}_{t-1}^{prv} + \alpha_2 rmc_{t-1} + \alpha_3 \hat{y}_{t-1}^f + \alpha_4 income + \varepsilon_t^{\hat{y}^{prv}}$$

$$(20) \hat{y}_t^{gov} = \alpha_1 \hat{y}_{t-1}^{gov} + \varepsilon_t^{\hat{y}^{gov}}$$

$$(21) \tilde{\pi}_t^{netexe} = \gamma_1 (\pi_{t-1}^m + \Delta_4 \bar{\pi}_t) + (1 - \gamma_1) [\gamma_2 \pi_{t-1}^{netexe} + (1 - \gamma_2) (E_{t-1} \pi_t)] + \gamma_3 \hat{y}_{t-1} + \varepsilon_t^{\tilde{\pi}^{netexe}}$$

$$(22) \hat{y}_t = (1 - \theta_t) \hat{y}_t^{prv} + \theta_t \hat{y}_t^{gov}$$

$$(23) E_{t-1} \pi_t = \kappa_1 [\kappa_2 \pi_{t+3}^4 + (1 - \kappa_2) \pi_{t+3}^{netexe}] + (1 - \kappa_1) [\kappa_2 \pi_{t-1} + (1 - \kappa_2) \pi_{t-1}^{netexe}]$$

Rovnice (17) a (18) popisujú rast potenciálu pre súkromný sektor $\Delta \bar{y}_t^{prv}$ a analogicky rast potenciálu pre verejný sektor $\Delta \bar{y}_t^{gov}$. Úrovne dlhodobých rovnovážnych rastov $\bar{\mu}_1$ a $\bar{\mu}_2$ sú odhadnuté z modelu.

Rovnice (19) a (20) sú **IS krivky** pre súkromný a verejnú zložku produktu. Rozdiel medzi oboma je

v tom, že súkromný sektor reaguje na zmeny reálnych menových podmienok a tiež sa predpokladá väzba na zahraničný dopyt. Navyše, v súkromnom sektore sa prejaví dôchodkový efekt, označený *income*, vyplývajúci z realizovaných cenových deregulácií, ktoré ovplyvňujú reálny disponibilný príjem. Spolu s indexom reálnych menových podmienok $rmci_{t-1}$ vstupujú do rovnice exogénne. Parametre α_i sú kalibrované v jadrovom modeli.

Rovnica (21) je **modifikovaná Phillipsova krivka** popisujúca vývoj čistej inflácie bez pohonných hmôt očistenej od náhodných výkyvov $\tilde{\pi}_t^{netexe}$ v závislosti od vývoja cien v zahraničí, domácich regulovaných cien, inflačných očakávaní a stavu v hospodárskom cykle. Parametre γ_i sú kalibrované v jadrovom modeli. Použitá homogenita parametrov pri inflačných vplyvoch zaručuje, že akákoľvek hodnota inflácie je zlučiteľná s ekonomickou rovnováhou.

Špecifikácia Phillipsovej krivky zabezpečuje, že pri prehriatí ekonomiky sa vytvárajú tlaky na rast inflácie, a naopak, pri zápornej produkčnej medzere má inflácia tendenciu spomaľovať. Teda potenciálny produkt odhadnutý z modelu je taký rovnovážny produkt, ktorý neakceleruje infláciu.

Rovnica (22) definuje agregátny dopyt \hat{y}_t . Je vyjadrený ako vážený priemer medzery súkromného a verejného sektora. Parameter θ_t reprezentujúci váhu verejného sektora závisí od podielu potenciálu verejného sektora k potenciálu celkového HDP.

Formovanie **inflačných očakávaní** $E_{t-1} \pi_t$ je prezentované v rovnici (23). Očakávania sú kombináciou adaptívnych a racionálnych očakávaní. Parametre sú kalibrované.

Výsledky odhadu

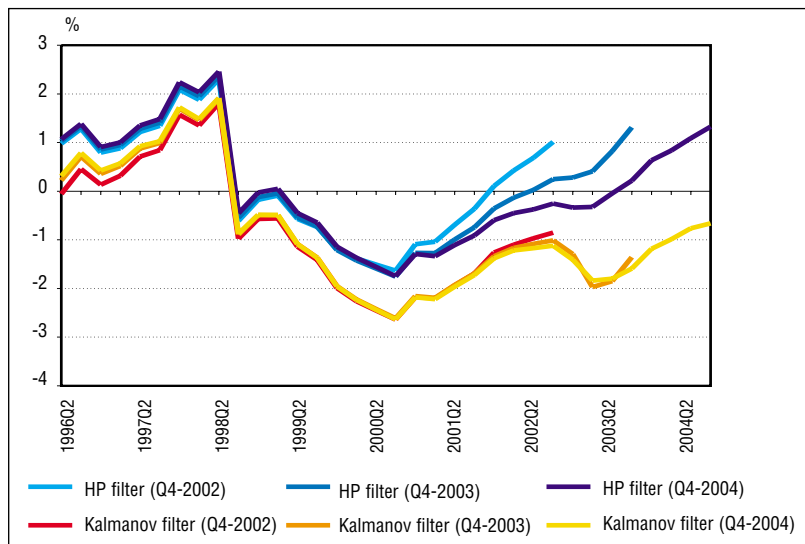
Na odhady modelových veličín pomocou MVF-UC boli použité sezónne očistené časové rady príslušných ekonomických indikátorov od 1. štvrtroka 1995 po koniec roku 2004. Pre porovnanie je tiež uvedený odhad pomocou jednoduchého HP filtra zo sezónne očisteného HDP na obdobie od začiatku roku 1993 po koniec roku 2004. Z dôvodu preskúmania citlivosti koncových odhadov produkčnej medzery boli obe metódy použité aj na skrátenej databáze časových radov do konca roku 2003 a 2002.

Výsledky naznačujú, že ekonomika SR sa nachádza v rastovej fáze hospodárskeho cyklu, sú tam však evidentné rozdiely v identifikovaní jeho aktuálnej pozície. Kým HP filter zaznamenáva prehrievanie od roku 2003, pri odhade pomocou MVF-UC ekonomika stále nedosahuje svoj potenciál. Záporná produkčná medzera indikuje, že napriek vysokému rastu HDP nie sú prítomné dopytové tlaky, ktoré by mohli viesť k nárastu inflácie. Naopak nízka inflácia potvrdzuje, že hospodárstvo



nevyužíva svoje kapacity optimálne a môže naďalej pokračovať v rastovej trajektórii bez rizika prehrievania ekonomiky.

Graf 4 Porovnanie odhadov produkčnej funkcie (HP filter vs. Kalmanov filter)



Výsledky v grafe 4 podporujú predpoklady o lepšej stabilite koncového odhadu pomocou Kalmanovho filtra. HP filter pri odhade na skrátanom časovom rade indikoval prehrievanie ekonomiky od roku 2002 a pri použití celej dĺžky časového radu bol odhad pozície ekonomiky na konci sledovaného obdobia značne vychýlený v porovnaní s odhadom so skrátaným časovým radom. Pre potreby menovej politiky, kde sú rozhodujúce aktuálne hodnoty produkčnej medzery, poskytuje Kalmanov filter stabilnejšie výsledky. Aj pri odhade na skrátanom časovom období algoritmus identifikoval medzeru HDP blízko pôvodným odhadom a potvrdil tak výhody Kalmanovho filtra oproti bežným štatistickým prístupom.

Záver

Odhad produkčnej medzery umožňuje tvorcom hospodárskej politiky sledovať fázy hospodárskeho cyklu, a tým včas diagnostikovať neželateľné fluktuácie v národnom hospodárstve. V texte bol rozpracovaný prístup odhadu pomocou Kalmanovho filtra. Na základe predpokladaných ekonomických väzieb a s využitím historických údajov Kalmanov filter rekonštruje vývoj nemerateľných veličín, ako sú produkčná medzera, potenciálny produkt, index reálnych menových podmienok, rovnovážne úrokové sadzby a kurz. V porovnaní so štatistickými prístupmi zohľadňuje charakter ekonomiky, jeho štrukturálne zmeny a s rastom pozorovaní nedochádza pri odhade k vychýleniu na konci sledovaného obdobia, čo je pre menovú politiku kľúčové.

Nezanedbateľným prínosom použitého prístupu je lepšia interpretácia výsledných odhadov, pretože vďaka eko-

nomickým väzbám použitým pri odhadoch je možné konzistentne popísať historický vývoj základných hospodárskych indikátorov a konfrontovať ho s názormi a pohľadmi expertov na to, čo sa v hospodárstve krajiny udialo.

Prostredníctvom úrokových sadzieb môže menová autorita ovplyvniť vývoj produkčnej medzery a sprostredkovanne pôsobiť na infláciu spotrebiteľských cien. Toto pôsobenie sa nazýva nepriamy kanál transmisného mechanizmu. Pre menovú politiku je teda medzera HDP užitočným indikátorom budúcich inflačných, resp. deflačných tlakov, a spolu s ďalšími odhadnutými ukazovateľmi (napr. indexom reálnych menových podmienok) tvoria podstatnú informačnú základňu v jej rozhodovacom procese.

Literatúra

1. Apel, M., Jansson, P. (1997): System Estimates of Potential Output and the NAIRU. Sveriges Riksbank, Working Paper No. 41.
2. Coats, W., Laxton, D., Rose, D. (2003): The Czech National Bank's Forecasting and Policy Analysis System. The Czech National Bank, Prague.
3. Gavura, M., Reľovský, B. (2005): Jednoduchý model transmisného mechanizmu ekonomiky SR, jeho štruktúra a vlastnosti. Biatic, roč. 13, 2005, č. 4, s. 12 – 19.
4. Hamilton, J. D. (1994): Time Series Analysis. Princeton University Press.
5. Harvey, A. C. (1989): Forecasting, Structural Time Series Models and the Kalman Filter. Cambridge University Press.
6. Kichian, M. (1999): Measuring Potential Output within a State-Space Framework. Bank of Canada, Working Paper 99 – 9.
7. Odor, L., Kohútiková, K. (2001): Máme aj na viac? www.slovakrating.sk.
8. Planas, C., Rossi, A.: Univariate versus Bivariate Decomposition and Reliability of Real-Time Output Gap Estimates. Joint Research Centre of European Commission.
9. Scott, A. (2000): A Multivariate Unobserved Components Model of Cyclical Activity. Reserve Bank of New Zealand, Discussion Paper DP2000/04.
10. Vašíček, O., Fukač, M. (2002): Makroekonomický model produktu neakcelerujúciho inflaci. Finance a úver, č. 5, str. 258 – 274.
11. Vlček, J. (2002): Odhad parametrov modelů ve stavovém tvaru. Finance a úver, č. 5, str. 275 – 286.