

I – 21

srpanj 2008.

*Maroje Lang • Davor Kunovac
Silvio Basač • Željka Štaudinger*

Modeliranje gotovog novca izvan banaka u Hrvatskoj



HRVATSKA NARODNA BANKA

Modeliranje gotovog novca izvan banaka u Hrvatskoj

Maroje Lang
maroje.lang@hnb.hr

Davor Kunovac
davor.kunovac@hnb.hr

Silvio Basač
silvio.basac@hnb.hr

Željka Štaudinger
zeljka.staudinger@hnb.hr

Za stajališta iznesena u ovom radu odgovorni su autori i ta stajališta nisu nužno
istovjetna službenim stajalištima Hrvatske narodne banke.



HRVATSKA NARODNA BANKA

srpanj 2008.

Izdaje:

Hrvatska narodna banka
Direkcija za izdavačku djelatnost
Trg hrvatskih velikana 3, 10002 Zagreb
Telefon centrale: 4564-555
Telefon: 4565-006
Telefaks: 4564-687

Web-adresa:

<http://www.hnb.hr>

Glavni urednik:

dr. sc. Evan Kraft

Uredništvo:

mr. sc. Ljubinko Jankov
Gordi Sušić
mr. sc. Maroje Lang
dr. sc. Boris Vujčić

Urednica:

mr. sc. Romana Sinković

Grafički urednik:

Božidar Bengez

Lektorica:

Dragica Platužić

Tisak:

Kratis d.o.o., Zagreb

Molimo korisnike ove publikacije da prilikom korištenja podataka obvezno navedu izvor.

Tiskano u 450 primjeraka

ISSN 1332–1900

Modeliranje gotovog novca izvan banaka u Hrvatskoj

Maroje Lang, Davor Kunovac, Silvio Basač, Željka Štaudinger

Sažetak

U ovom se radu opisuju dva ekonometrijska modela za izradu kratkoročnih projekcija gotovog novca izvan banaka u Hrvatskoj. Prvi model jest jednostavni regresijski model koji obuhvaća tjedne, mjesečne i godišnje uzorke periodičnih kretanja na osnovi dnevnih serija gotovog novca izvan banaka. Drugi model uz determinističku sezonalnost pretpostavlja ARIMA strukturu reziduala. Oba modela daju bolje rezultate od postojećih prognoza koje se izrađuju u HNB-u.

JEL: C53, C22, C32

Ključne riječi: dnevna prognoza, upravljanje likvidnošću, modeli vremenskih serija

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Svojstva serije gotovog novca izvan banaka	1
2.1. Definicija	1
2.2. Opis serije	3
3. Modeliranje gotovog novca izvan banaka	5
3.1. Ekspertni model	5
3.2. Regresijski model gotovog novca izvan banaka	6
3.3. ARIMA model gotovog novca izvan banaka	7
3.4. Evaluacija prognoza	8
4. Zaključak	11
Dodatak A	
Razlika između preliminarnih i konačnih podataka o gotovom novcu izvan banaka	12
Dodatak B	
Analiza reziduala	14
Literatura	15

1. Uvod

Zbog izmjena u upotrebi instrumenata monetarne politike u 2005. kojima su operacije na otvorenom tržištu dobile važnu ulogu, pojavila se potreba za jačanjem okvira za upravljanje likvidnošću Hrvatske narodne banke (HNB). Osobito je bilo potrebno izmijeniti i unaprijediti postojeću dnevnu prognozu likvidnosti tako da osigura informacije o očekivanoj potražnji za sredstvima i ponudi sredstava iz pričuva banaka, koje su potrebne za donošenje odluka o iznosu likvidnosti koja se kreira redovitim operacijama na otvorenom tržištu.

Glavni prognostički horizont dnevne prognoze likvidnosti jest jedno razdoblje održavanja obvezne pričuve, koje počinje druge srijede u tekućem mjesecu i traje do drugog utorka u sljedećem mjesecu (četiri ili pet tjedana). Međutim, unutar svakog razdoblja održavanja obvezne pričuve redovite se operacije refinanciranja odvijaju na tjednoj osnovi, tako da je najvažniji horizont od pet radnih dana.

Dnevna prognoza likvidnosti ovisi o točnosti procjene pojedinih njezinih komponenata. Dok su neke stavke pod kontrolom središnje banke, druge su pod utjecajem vanjskih činitelja koji su kratkoročno izvan njezina utjecaja. Te autonomne stavke određuju autonomne promjene potražnje za pričuvama i ponude pričuva banaka, koje središnja banka treba neutralizirati operacijama na otvorenom tržištu. Posebno su važni gotov novac izvan banaka i depoziti države u domaćoj valuti jer njihova kretanja povećavaju ili smanjuju iznos pričuva banaka (likvidnost). Dok su depoziti države najnepredvidljivija stavka u prognozi likvidnosti, gotov novac izvan banaka pokazuje jasne uzorke periodičnih kretanja. To olakšava prognoziранje kretanja gotovog novca u kratkom roku. Zbog važnosti gotovine u vođenju monetarne politike mnoge su središnje banke razvile slične ekonometrijske modele za prognoziranje.¹

Ovaj je rad uobličen na sljedeći način: u drugom se poglavlju opisuju prognozirane serije gotovog novca izvan banaka u Hrvatskoj. U trećem poglavlju opisana je metoda prognoziranja gotovog novca izvan banaka zasnovana na ekspertnom znanju zajedno s modelima vremenskih serija koji su osmišljeni za potrebe prognoziranja gotovog novca izvan banaka. Evaluacija prognoza dobivenih pomoću tih modela dana je u četvrtom poglavlju, a zaključci se navode u petom poglavlju.

2. Svojstva serije gotovog novca izvan banaka

2.1. Definicija

Gotov novac izvan banaka obuhvaća sve novčanice i kovani novac u nacionalnoj valuti koje drže ekonomski subjekti (stanovništvo, poduzeća i nerezidenti). On

¹ Među ostalima u ovom su radu uzeti u obzir modeli Europske središnje banke (Cabrero *et al.*, 2002.) i Češke narodne banke (Hlavaček *et al.*, 2005.).

uključuje sve do sada izdane novčanice i kovani novac u nacionalnoj valuti koji se nalaze izvan bankarskog sustava. Kad se gotov novac vrati u poslovne banke, smatra se dijelom pričuva tih banaka kod HNB-a. Gotov novac kod Hrvatske pošte i Fine² tretira se na sličan način. Stoga se stanje gotovog novca izvan banaka izračunava kao razlika između ukupnog iznosa izrađenih novčanica i kovanog novca i gotovog novca kod subjekata uključenih u distribuciju gotovine:

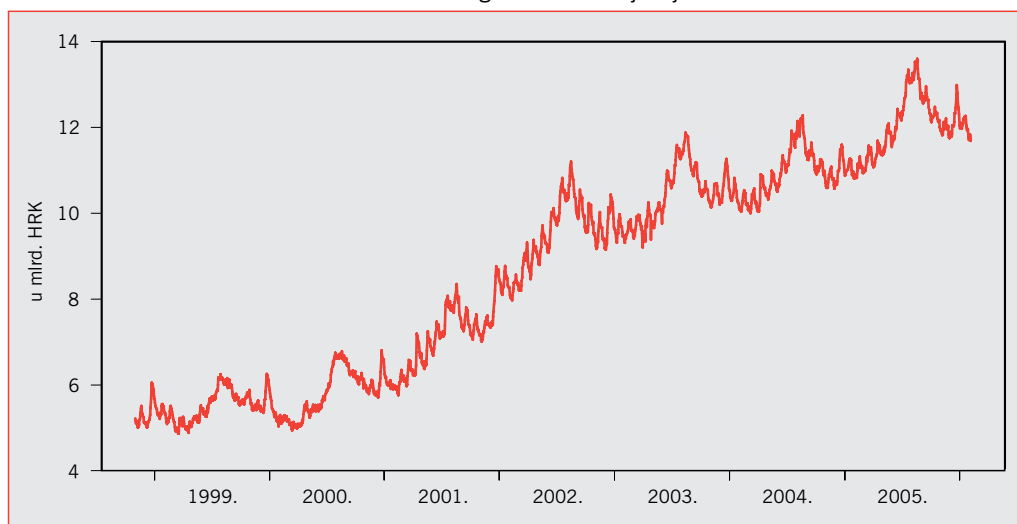
Ukupan iznos izrađenih novčanica i kovanog novca u nacionalnoj valuti

- Gotov novac u trezoru Hrvatske narodne banke
- Gotov novac na putu
- Gotov novac u trezoru Fine i Hrvatske pošte
- Gotov novac u blagajnama poslovnih banaka

= **Gotov novac izvan banaka**

Iznos gotovog novca kod Fine ovisi o povećanju ili smanjenju gotovine kod stanovništva, tj. o isplati plaća i mirovina te o potrošnji stanovništva. Stanje gotovog novca kod Hrvatske pošte ovisi o isplati mirovina u gotovini preko poštanskog sustava. Isplata plaća i mirovina najviše utječe na razinu gotovine tijekom mjeseca (osim u ljetnom i predblagdanskome razdoblju). Isplata mirovina preko poštanskog sustava obavlja se u gotovini, a njezin iznos ne ovisi o sklonosti primatelja da sredstva zadrži na računu ili da ih povuče u gotovini. Izračun gotovog novca izvan banaka stoga se oslanja na informacije koje se dobivaju od nekoliko različitih institucija: poslovnih banaka, Hrvatske pošte i Fine. Kako sve te institucije ne rade nedjeljom i tijekom državnih praznika odnosno blagdana, podaci o gotovom novcu izvan banaka dostupni su samo za radne dane. To dovodi do iregularnosti u seriji (zbog nedostatka podataka za neradne dane nastaju poteškoće u primjeni standardne analize vremenskih serija, što je opisano u trećem poglavlju).

Slika 1. Gotov novac izvan banaka od studenoga 1998. do siječnja 2006.



2 Financijska agencija, bivši ZAP, jest agencija koja distribuira gotovinu za račun HNB-a.

Tablica 1. Osnovna statistika gotovog novca izvan banaka, u milijunima kuna

	1999.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.
Prosjek	5498,4	5774,0	7021,8	9430,6	10361,7	10895,1	11960,7
Standardna devijacija	334,1	535,2	701,0	782,9	666,0	547,3	715,2
Maksimum	6258,5	6803,3	8767,7	11198,7	11879,3	12279,8	13592,1
Minimum	4863,2	4939,2	5758,1	7967,0	9202,5	9994,3	10789,4
Na početku godine	5588,4	5808,2	6247,6	8403,0	9605,8	10508,5	10872,7
Na kraju godine	5827,1	6592,9	8507,4	9680,9	10573,1	10955,6	12307,1

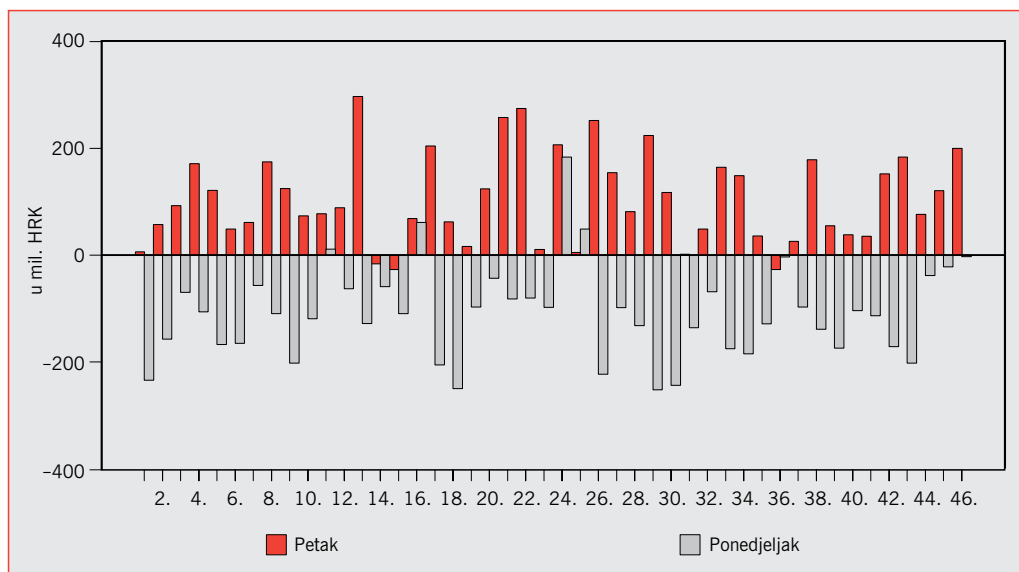
2.2. Opis serije

Slika 1. prikazuje kretanje gotovog novca izvan banaka od studenoga 1998. do siječnja 2006. Može se uočiti da gotov novac izvan banaka tijekom tog razdoblja ima uzlazan trend, što odgovara rastućoj potražnji za gotovinom u uvjetima gospodarskog rasta. Na postojanje pozitivnog utjecaja gospodarskog rasta na gotov novac upućuje i stagnacija gotovine tijekom recesije u 1999. te nastavak njezina rasta od drugog tromjesečja 2000., što koincidira s gospodarskim oporavkom. Iznimno snažan rast gotovog novca ostvaren je krajem 2001. godine, kad su prije uvođenja novčanica eura mnogi hrvatski građani zamijenili novčanice valuta koje su ušle u euro (njemačke marke, talijanske lire, austrijske šilinge itd.) novčanicama kuna, što je dovelo do rasta razine domaće valute. Kriza u Riječkoj banci početkom 2002. potaknula je naglo povlačenje sredstava iz banke i povlačenje štednje stanovništva iz bankarskog sustava, što je dodatno povećalo razinu gotovog novca izvan banaka. Od sredine 2002. godine prisutni su pravilni uzorci kretanja gotovog novca izvan banaka, s izraženom sezonalnošću. Sezonalnost serije gotovog novca uočava se po istaknutim maksimumima (vrhovima) i minimumima (dolovima), odnosno po uzorcima sezonskih kretanja koji su istovjetni u nekoliko godina. Razina gotovine doseže godišnji maksimum u srpnju i kolovozu, tijekom ljetne turističke sezone kad potražnja turista povećava njezinu razinu. Maksimumi se također bilježe krajem prosinca, tijekom razdoblja predbožićne kupovine. Nakon razdoblja visoke razine gotovog novca slijede razdoblja njegova smanjenja, u rujnu te u siječnju i veljači. Gotovina je na najnižim godišnjim razinama u razdoblju od siječnja do travnja te u studenome i početkom prosinca.

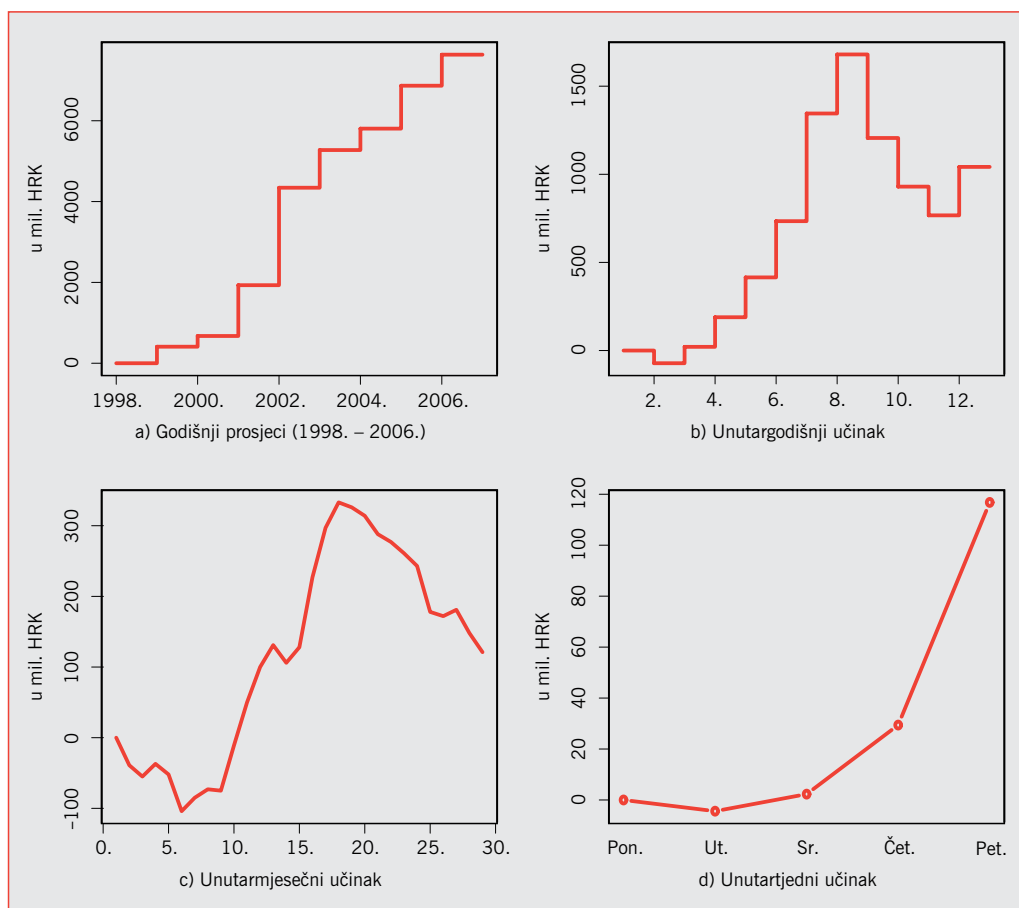
Pravilni uzorci kretanja uočljivi su i unutar svakog mjeseca. Količina gotovog novca izvan banaka postupno raste od 5. do (otprilike) 15. dana u mjesecu, kad se isplaćuju plaće i mirovine.³ Nakon toga razina se gotovine smanjuje kako stanovništvo troši svoje plaće i mirovine, a nema dodatnih prihoda u tom razdoblju.

³ Sredstva za plaće koje isplaćuje država mjesečno iznose više od 1 mlrd. kuna, a taj iznos obično se isplaćuje do 15. u mjesecu. Mirovine koje se isplaćuju preko banaka mjesečno iznose dodatnu 1 mlrd. kuna, a isplaćuju se između 10. i 12. u mjesecu. Mirovine koje se isplaćuju preko pošta mjesečno iznose oko 500 mil. kuna, a isplaćuju se između 13. i 15. u mjesecu. Isplate plaća i mirovina izrazito utječu na povećanje razine gotovog novca izvan banaka. Međutim, upravo je nesigurnost glede početka isplate mirovina bila jedan od najvećih problema u prognoziranju gotovog novca izvan banaka; u prošlosti su te isplate vrlo često kasnile pa gotovina nije mogla dosegnuti svoj maksimum prije 19. ili 20. u mjesecu.

Slika 2. Gotov novac izvan banaka ponedjeljkom i petkom u 2005.



Slika 3. Uzorci sezonskih kretanja gotovog novca izvan banaka



Napomena: Slika 3. a) pokazuje prosječna godišnja stanja gotovog novca izvan banaka. Slike 3. b), 3. c) i 3. d) pokazuju utjecaj pojedinog mjeseca u godini, dana u mjesecu i dana u tjednu na ukupnu razinu gotovog novca izvan banaka, prikazan kao odstupanje od siječnja, prvog dana u mjesecu, odnosno ponedjeljka. Metoda pomoću koje je serija rastavljena na periodične komponente analogna je regresijskom modelu iz poglavlja 3.2., ali primijenjena je na originalnu (nediferenciranu) seriju gotovog novca.

Promatra li se uzorak kretanja gotovog novca unutar tjedna uočava se da se razina gotovine uglavnom povećava petkom, a smanjuje ponedjeljkom. To se objašnjava sklonošću stanovništva da petkom podiže novac potreban za kupovinu tijekom subote i nedjelje. Gotov novac izvan banaka smanjuje se ponedjeljkom kad se novac iz trgovina, potrošen tijekom subote i nedjelje, slijeva u Finu (koja je u te dane zatvorena). Sezonski čimbenici nisu toliko izraženi sredinom tjedna. Ipak, gotovina pokazuje tendenciju pada utorkom, a tendenciju blagog rasta četvrtkom. Intenzitet povećanja gotovine tijekom subote i nedjelje ovisi i o tome o kojem je vikendu unutar mjeseca riječ (gotovina se najviše povećava tijekom drugog i trećeg vikenda nakon isplate plaća i mirovina).

3. Modeliranje gotovog novca izvan banaka

Vremenska serija gotovog novca izvan banaka, sa svojim pravilnim uzorcima kretanja i velikim brojem opažanja, idealna je za primjenu analize vremenskih serija u izradi projekcija njezinih budućih vrijednosti. Analiza vremenskih serija posljednjih se dvadesetak godina uvelike primjenjuje u svijetu, posebno za projiciranje pojava u bliskoj budućnosti. Mnoge se središnje banke služe sličnim modelima za prognoziranje serija gotovog novca.

Prije ovog projekta nije se u HNB-u upotrebljavao nikakav formalni statistički model za izradu prognoza dnevnih serija gotovog novca izvan banaka, a prognoze su izrađivali zaposlenici HNB-a koji imaju dovoljno stručnog znanja za razumijevanje i prognoziranje kretanja gotovog novca izvan banaka (taj se postupak u ovom radu naziva ekspertni model). Stoga je prvi korak u primjeni metoda vremenskih serija bilo stvaranje jednostavnog modela koji uvelike slični postojećem postupku ručne izrade projekcija gotovog novca. Ovaj model (regresijski model – REG) opisuje kretanje gotovine izvan banaka u obliku višestruke linearne regresije, pri čemu se upotrebljavaju samo determinističke neovisne varijable. Nakon toga je primijenjena standardna ARIMA metodologija kako bi se razvio drugi model, koji se sastoji od regresijskog modela i sezonskog ARIMA modela.⁴ Oba su ekonometrijska modela namijenjena prognoziranju gotovog novca izvan banaka. Za prognoziranje razine gotovog novca izvan banaka potrebno je formalizirati uzorke njegovih godišnjih, mjesečnih i tjednih kretanja. Osim toga željeli smo da model obuhvaća učinke praznika odnosno blagdana na kretanje gotovog novca. Naposljetku smo diferenciranjem serije eliminirali dugoročnu (nestacionarnu) komponentu.

3.1. Ekspertni model

Ekspertni model nije formalni ekonometrijski model već skup pravila kojima se koristi Odjel za prognoze likvidnosti bankarskog sustava pri izradi dnevnih projekcija gotovog novca izvan banaka. Ovdje se opisuje zato što smo prognoze dobivene modelima koji se procjenjuju uspoređivali s prognozama zaposlenika tog odjela.

⁴ ARIMA model za prognoziranje gotovine razvili su Cabrero *et al.* (2002.). U ovom smo radu ipak uglavnom slijedili neznatno modificiranu verziju koju su razvili Hlavaček *et al.* (2005.).

Polazište za prognoziranje gotovine njezina je sadašnja razina, a prognostički horizont jest jedno razdoblje održavanja obvezne pričuve (četiri ili pet tjedana), pri čemu se posebna pozornost posvećuje prognozi u horizontu od jednog tjedna, tj. prognozi za razdoblje koje počinje na dan provođenja pojedine obratne repo operacije, a završava na dan prije njezina dospijeca. Pri izradi prognoze najprije se određuju ekstremne točke, tako da se uzmu u obzir očekivanja glede turističke sezone koja podižu ljetni maksimum, potrošnja tijekom razdoblja predbožićne kupovine i isplate božićnica koje povećavaju zimski maksimum, kao i najave povećanja plaća i mirovina. Učinak potrošačkog razdoblja prije uskrasnih blagdana nije tako velik kao u navedenim razdobljima, pogotovo ako se zna da su prvi mjeseci u godini razdoblja s manjom količinom gotovog novca izvan banaka.

Promjene gotovog novca na dnevnoj razini prognoziraju se na osnovi dnevnih promjena u proteklom mjesecu tekuće godine te dnevnih promjena u istom mjesecu prethodne godine. Kratkoročne se prognoze svakodnevno ažuriraju pri čemu se primjenjuju mjesečni i tjedni uzorci ponašanja u prošlosti i najnoviji podaci (preliminarni podaci o gotovom novcu izvan banaka dostupni su s vremenskim pomakom od jednog dana).

U procjeni učinaka praznika i blagdana na kretanje vrijednosti prognoziranih varijabla kombiniraju se stručno znanje i podaci za prošla razdoblja, a važan je i utjecaj položaja praznika odnosno blagdana u radnom tjednu i mjesecu. U obzir se uzimaju i sve informacije o većim isplatama tijekom mjeseca: isplatama plaća u javnom sektoru i isplatama mirovina putem računa banaka i Hrvatske pošte te informacije o izvanrednim isplatama, kao što su stara štednja, regres i božićnica.

Opisanom su metodom u prošlosti dobivene točne prognoze. Međutim, modeli predloženi u nastavku ovog rada mogu olakšati i donekle poboljšati postojeći proces prognoziranja.

3.2. Regresijski model gotovog novca izvan banaka

Prvi ekonometrijski model, izražen u prvim diferencijama, ima sljedeći oblik:

$$\Delta y_t = \sum_{i=1}^{12} \alpha_i M_{it} + \sum_{i=1}^4 \beta_i TD_{it} + d_t + \sum_{i=1}^k \Theta_i(B) \delta_{it} + \sum_{i=1}^j \gamma_i O_{it} + \varepsilon_t \quad (1)$$

gdje je y_t razina gotovog novca izvan banaka u trenutku t , ε_t je slučajna pogreška u trenutku t , a determinističke varijable M , TD , d i O opisuju sezonske učinke u seriji gotovog novca na sljedeći način:

Unutartjedni učinci (TD). Za svaki radni dan u tjednu i ($i = pon., \dots, pet.$) definiramo *dummy* varijablu koja u trenutku t poprima vrijednost 1 ako je i dan u trenutku t ili 0 u drugim slučajevima:

$$TD_{it} = \begin{cases} 1, & \text{ako se dan } i \text{ pojavljuje u trenutku } t \\ 0, & \text{inače.} \end{cases}$$

Mjesečni učinak (M). U modelu pretpostavljamo da su promjene gotovog novca izvan banaka stabilne u pojedinome kalendarskom mjesecu, ali na različitim razi-

nama.⁵ U skladu s time za svaki kalendarski mjesec i ($i = \text{siječ.,..., pros.}$) definiramo:

$$M_{it} = \begin{cases} 1, & \text{ako se mjesec } i \text{ pojavljuje u trenutku } t \\ 0, & \text{inače.} \end{cases}$$

Unutarmjesečni učinak (d). Sezonalnost gotovog novca unutar mjeseca prikladno je definirati kao linearnu kombinaciju trigonometrijskih funkcija:

$$d_t = \sum_{j=1}^p \left(a_j \sin \frac{2j\pi m_t}{M_t} + b_j \cos \frac{2j\pi m_t}{M_t} \right),$$

gdje je m_t položaj tekućeg dana (u trenutku t) unutar mjeseca, a M_t je ukupan broj dana u tekućem mjesecu. Parametar p odabran je proizvoljno, a njime se definira broj različitih frekvencija kojima se koristimo u modeliranju unutarmjesečne dinamike. Alternativno bi se unutarmjesečni učinak mogao modelirati uvođenjem *dummy* varijabla za svaki dan u mjesecu (ukupno 31 varijabla).

Praznici i blagdani (δ_i). Funkcija δ_i jest indikatorska funkcija praznika odnosno blagdana i :

$$\delta_{it} = \begin{cases} 1, & \text{ako se praznik odnosno blagdan } i \text{ pojavljuje u trenutku } t \\ 0, & \text{inače.} \end{cases}$$

$\Theta_i = \Theta_i(B)$ jest polinom⁶ u varijabli B , gdje je B standardni operator pomaka. Pomoću izraza $\Theta_i(B)\delta_{it}$ pokušavamo odrediti promjenu u razini gotovine prije i poslije praznika odnosno blagdana i .

Netipične vrijednosti (engl. *outliers*). U analizi opaženih reziduala identificiraju najveće netipične vrijednosti, a njihov se mogući učinak na ostale parametre uklanja pomoću *dummy* varijabla. Formalno, ako postoji neobjašnjeni visoki rezidual u trenutku t , definiramo sljedeću *dummy* varijablu:

$$O_{it} = \begin{cases} 1, & \text{ako se ekstremna vrijednost } i \text{ pojavljuje u trenutku } t \\ 0, & \text{inače.} \end{cases}$$

Procjenjujemo regresijske koeficijente $\alpha_i, \beta_i, a_i, b_i, \gamma_i$, koeficijente polinoma $\Theta_i(B)$ i varijancu reziduala. U postupku procjenjivanja primijenjena je metoda najmanjih kvadrata.

3.3. ARIMA model gotovog novca izvan banaka

Drugi model koji smo upotrijebili ima sljedeću strukturu:

$$y_t = \sum_{i=1}^4 \beta_i TD_{it} + d_t + \sum_{i=1}^k \Theta_i(B)\delta_{it} + \sum_{i=1}^j \gamma_i O_{it} + \eta_t, \quad (2)$$

5 Ovo se može opravdati ako se pretpostave različiti linearni trendovi nediferencirane serije gotovog novca unutar svakog mjeseca.

6 Kako bi se primjereno obuhvatio učinak razdoblja oko (prije i poslije) praznika odnosno blagdana i , polinom $\Theta_i(B)$ može sadržavati i pozitivne i negativne eksponente.

Regresijske varijable definirane su kao u prethodnom modelu, ali sada se pretpostavlja ARIMA struktura reziduala:

$$\eta_t = \frac{\theta(B)}{\phi(B)\delta(B)} \varepsilon_t,$$

gdje su $\phi(B)$ i $\theta(B)$ autoregresijski polinom i polinom pomičnog prosjeka sa svim nultočkama izvan jediničnoga kruga, dok je $\delta(B)$ diferencijski polinom (kod kojeg se sve nultočke nalaze na jediničnom krugu).

Model (2) obuhvaća regresijski i ARIMA model, pa pripada modelima iz regARIMA klase. Deterministička komponenta opisuje unutartjedne i unutarmjesečne učinke te učinke praznika i blagdana, dok stohastička komponenta opisuje korelacijsku strukturu serije i preostalu periodičnost (vidi Cabrero *et al.*, 2002.).

Odabrani ARIMA model u našoj analizi mora zadovoljavati neke standardne kriterije: stabilnost parametara, dobre *in-sample* karakteristike, što manju autokorelaciju reziduala te, što je najvažnije, model mora imati dobra prognostička svojstva.

Analizirajući uzorak iz razdoblja 1999. – 2004., odabrali smo sljedeće polinome u ARIMA modelu reziduala:⁷

$$\delta(B) = (1 - B^{261})(1 - B)$$

$$\phi(B) = 1 + \theta_1 B^6 + \theta_2 B^7 + \theta_3 B^{10} + \theta_4 B^{12} + \theta_5 B^{14} + \theta_6 B^{21} + \theta_7 B^{22} + \theta_8 B^{65}$$

$$\theta(B) = 1 - \phi_1 B^{261}$$

Bell i Hillmer (1983.) predložili su primjenu sljedećeg postupka za procjenu parametara ovih modela. Prvo, analizom autokorelacijske funkcije (ACF) i funkcije parcijalne autokorelacije (PACF) reziduala može se odrediti razina regularnoga i mogućega sezonskog diferenciranja. Nakon diferenciranja serija regresijski i ARIMA parametri simultano se procjenjuju upotrebom metode maksimalne vjerodostojnosti. Parametri se također mogu procijeniti pomoću nelinearne metode najmanjih kvadrata jer su takve procjene asimptotski jednake onima dobivenima metodom najveće vjerodostojnosti. U ovom smo se radu koristili nelinearnom metodom najmanjih kvadrata.

3.4. Evaluacija prognoza

Kako je glavni cilj opisanih modela projiciranje budućih vrijednosti gotovog novca izvan banaka, važno je izvršiti evaluaciju *out-of-sample* prognoza koje se njima kreiraju. U tu su svrhu parametri modela procijenjeni na razdoblju od kolovoza 2002. do prosinca 2004. Njihove *out-of-sample* prognoze za 2005. potom su uspoređene s ostvarenim kretanjem gotovog novca izvan banaka. Procedura je bila

⁷ Serija gotovog novca izvan banaka dostupna je samo za radne dane, dok podaci za subote, nedjelje i praznike odnosno blagdane nisu dostupni. Kako bismo smanjili taj problem, upotrijebili smo samo podatke za radne dane. Nepostojeći podaci za praznike i blagdane unutar radnog tjedna konstruirani su kao prosjek susjednih radnih dana. Svaka godina ima prosječno 261 radni dan tako da se diferenciranjem s vremenskim pomakom od 261 uklanja veći dio sezonalnosti na godišnjoj razini. 65 predstavlja sezonalnost na tromjesečnoj razini, a 21/22 sezonalnost na mjesečnoj razini.

takva da se odabrani model nanovo ocjenjivao sa svakim novim opažanjem, a projekcije su se snimale u predviđene serije. Serije prognoza zatim su upotrijebljene za izračun pogrešaka projekcije kako bi se odabrao najbolji model.

Modeli opisani u prethodnom poglavlju, regresijski model (REG) i ARIMA model (ARIMA), uspoređeni su s naivnim modelom (engl. *random walk*, RW), koji pretpostavlja da se količina novca u budućnosti neće promijeniti,⁸ te s prognozama koje su izradili zaposlenici HNB-ova Odjela za prognoze likvidnosti bankarskog sustava (*Ekspert*).

Usporedba podataka u Tablici 2. pokazuje da oba modela (regresijski model i ARIMA model) bolje objašnjavaju kretanje serije gotovog novca od naivnog modela zbog izražene sezonalnosti serije. Međutim, stvarna kvaliteta procijenjenih modela može se najbolje ocijeniti na osnovi usporedbe s prognozama zaposlenika HNB-a koje su opisane u poglavlju 3.1. Važno je naglasiti da se te prognoze temelje na preliminarnim podacima o gotovom novcu, koji se razlikuju od konačnih podataka. Zbog toga ukupna pogreška u prognozama gotovine koje su izradili zaposlenici HNB-a uključuje i pogrešku projekcije i odstupanje preliminarnih od konačnih podataka o gotovom novcu izvan banaka.⁹

Oba su statistička modela (regresijski model i ARIMA model) dala nešto bolje rezultate od ekspertnog modela u 2005. Iznimno, prognoza za jedan dan unaprijed kod ARIMA modela ima neznatno veću srednju apsolutnu pogrešku od ekspertnog modela, ali na duljim horizontima obje statistike koje su primijenjene za evaluaciju rezultata prognoza (MAE, RMSE) pokazuju da procijenjeni modeli daju bolje rezultate od ekspertnog modela.

Rezultati pokazuju da se regresijskim modelom (REG) dobivaju najbolje kratkoročne prognoze – do pet dana unaprijed – dok ARIMA model dalje bolje rezultate za dulje horizonte. Međutim, prognoze su izrađene na duljem vremenskom horizontu (cijela godina), a model s najmanjom pogreškom prognoze za cijelu godinu ne daje nužno najbolje prognoze za sve podintervale te godine. U primjeni modela važno je detaljnije ispitati prognostičke rezultate obaju modela za svaki kalendarski mjesec posebno, razdoblje oko praznika odnosno blagdana itd.

Projekcije koje se zasnivaju na autoregresijskim modelima redovito ostvaruju veće pogreške na duljim horizontima. To je zbog toga što se pogreške projekcije akumuliraju, tj. projekcija za dva dana unaprijed po definiciji već sadrži projekciju za jedan dan unaprijed (i njezinu pripadajuću pogrešku). Slično tome, projekcija za tri dana konstruira se na osnovi projekcije za dva dana unaprijed, a isti se postupak primjenjuje i u prognoziranju duljih vremenskih horizonata. Takva metoda prognoziranja naziva se ulančano prognoziranje i obično se upotrebljava u autoregresijskim modelima (vidi Diebold, 2004.).

Slika 4. prikazuje stvarnu serija gotovog novca izvan banaka i njezinu prognozu nastalu na osnovi opisanih modela. Prognoze su vrlo dobre za kraće horizonte,

8 Ovdje pretpostavljamo jednostavnu *random-walk* strukturu gotovog novca izvan banaka: $y_t = y_{t-1} + \varepsilon_t$. Tako se prognoze za h koraka unaprijed izračunavaju na sljedeći način:

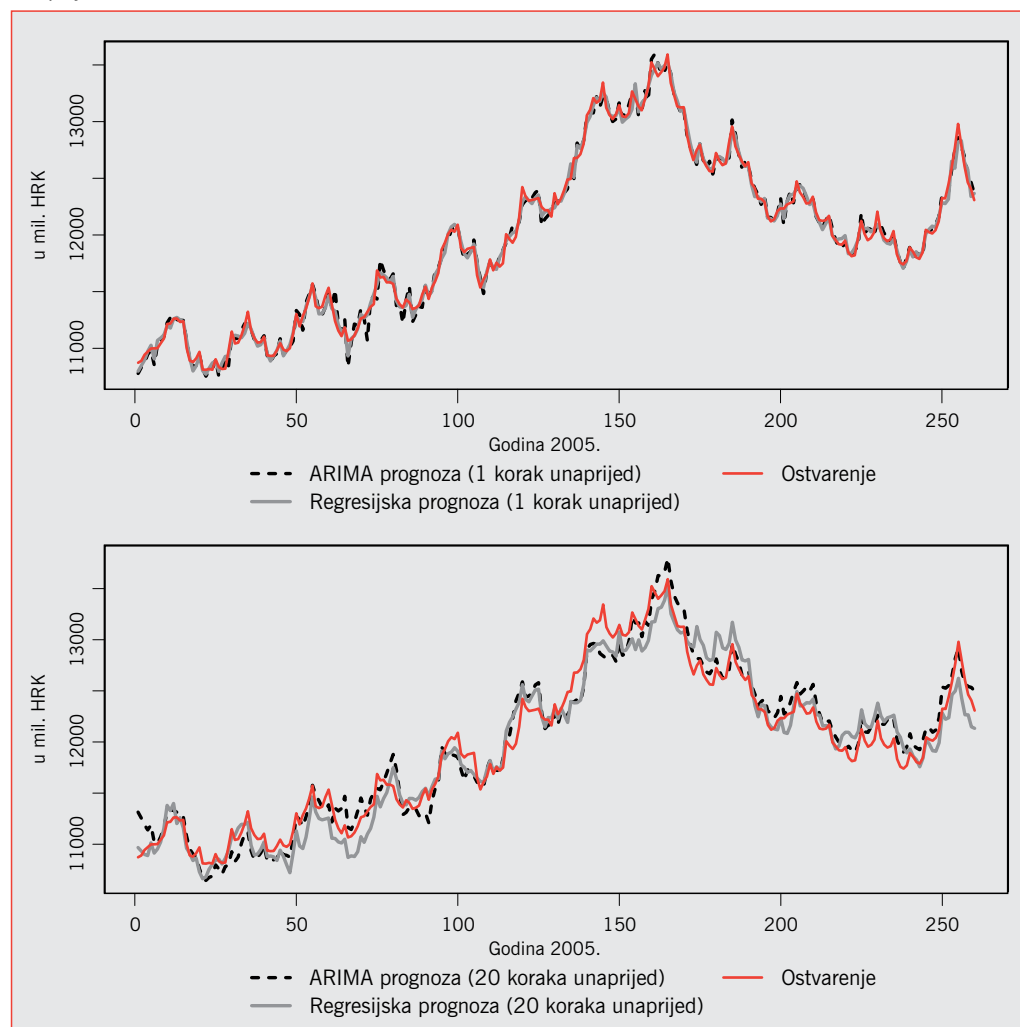
$\hat{y}_{t+h} = E[y_{t+h} | I_t] = E[y_t + \varepsilon_{t+1} + \dots + \varepsilon_{t+h} | I_t] = y_t$, gdje je I_t informacija dostupna u trenutku t .

9 Vidi Dodatak A.

Tablica 2. Srednja apsolutna pogreška (MAE), postotna MAE (PMAE) i korijen srednje kvadratne pogreške (RMSE) statistike za regresijski model (REG), ARIMA model (ARIMA), službeni model (*Ekspert*) i model slučajnog pomaka (engl. *random walk model*)

	MAE (PMAE)				RMSE			
	REG	ARIMA	Ekspert	RW	REG	ARIMA	Ekspert	RW
1	44,7 (0,36%)	53,3 (0,45%)	52,6	80,9	56,9	70,5	70,8	106,4
2	62,9 (0,53%)	75,2 (0,63%)	79,4	123,7	79,9	95,2	102,6	157,0
3	73,9 (0,62%)	82,7 (0,70%)	/	153,7	94,5	106,5	/	191,3
4	82,1 (0,67%)	90,1 (0,76%)	/	176,6	103,3	116,2	/	216,0
5	89,3 (0,73%)	91,7 (0,77%)	117,4	199,1	113,7	118,5	160,7	239,6
6	95,6 (0,79%)	91,5 (0,77%)	/	229,1	122,7	118,5	/	281,7
7	100,9 (0,84%)	96,2 (0,81%)	/	254,9	129,3	122,9	/	314,1
8	106,8 (0,88%)	97,3 (0,82%)	/	275,1	134,4	123,2	/	336,7
9	112,5 (0,90%)	100,4 (0,84%)	/	286,7	139,9	127,4	/	351,3
10	119,1 (0,94%)	102,9 (0,86%)	/	299,7	146,5	133,4	/	365,9
15	124,0 (1,06%)	112,0 (0,93%)	/	318,9	157,0	140,0	/	407,8
20	137,9 (1,10%)	129,8 (1,08%)	/	359,5	167,8	154,7	/	430,8

Slika 4. *Out-of-sample* prognoze gotovog novca izvan banaka s različitim horizontima – 1 i 20 koraka unaprijed



dok su kod horizonta od dvadeset dana (razdoblje održavanja) pogreške izraženije, posebice tijekom ljetnih mjeseci.

4. Zaključak

U ovom se radu opisuju dva jednostavna modela vremenskih serija za prognozi- ranje gotovog novca izvan banaka u Hrvatskoj. Pomoću obaju modela dobivaju se dobre kratkoročne prognoze čiji su rezultati kvalitetniji od rezultata progno- za zaposlenika HNB-a tijekom 2005. Modeli se međusobno nadopunjuju jer prvi model, regresijski model zasnovan na prvim diferencijama serije, daje kvalitetnije rezultate od drugog modela, ARIMA modela, u intervalima do 5 dana unaprijed. S druge strane, ARIMA modelom dobivaju se kvalitetnije prognoze za dulje vremen- ske horizonte. Zbog razlika u pristupu tih dvaju modela može se pretpostaviti da postoji kombinacija prognoza čiji bi rezultati bili kvalitetniji od rezultata obaju mo- dela. U toj bi se kombinaciji prognoza mogli upotrebljavati različiti ponderi za svaki kalendarski mjesec. Primjena obaju modela u redovnom prognoziranju likvidnosti trebala bi dakle poboljšati i olakšati izradu dnevnih prognoza gotovog novca izvan banaka. Dobivene rezultate ipak valja interpretirati oprezno, a analitičari koji pri- premaju dnevne prognoze trebaju evaluirati prognoze dobivene modelom u širem ekonomskom kontekstu i prilagoditi ih očekivanim ekstremnim vrijednostima u seriji, kao što je jednokratna isplata duga umirovljenicima i sl.

Od lipnja 2005. Odjel za prognoze likvidnosti upotrebljava prethodnu verziju prvoga modela i njegovo je početno iskustvo pozitivno. Ta se metoda pokazala dobrom za prognostičke horizonte do deset radnih dana, ali nije u potpunosti us- pjevala predvidjeti neke iznenadne promjene u razini gotovine, posebice tijekom uskrasnih blagdana 2006. Predloženi modeli trebali bi poboljšati točnost prognoza.

Još uvijek su potrebna brojna poboljšanja u HNB-ovu dnevnom prognoziranju likvidnosti. S jedne strane, mogle bi se upotrijebiti različite naprednije prognostič- ke metode poput neuralnih mreža (vidi Hlavaček *et al.*, 2005.). S druge strane, postoje i druge varijable (autonomni činitelji), kao što su stanje gotovog novca u blagajnama banaka i depoziti države, čije se prognoze mogu dodatno unaprijediti upotrebom metoda opisanih u ovom radu.

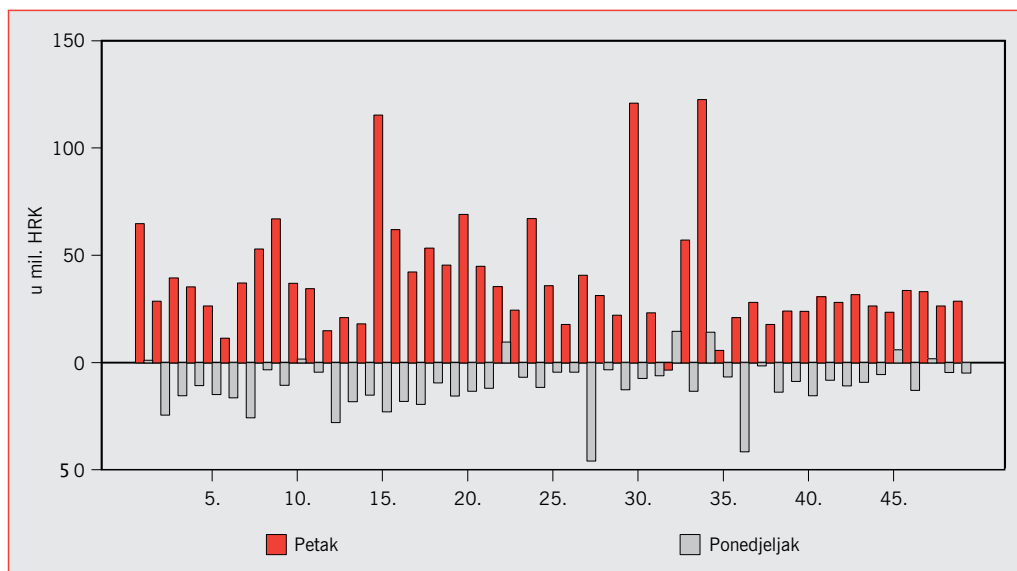
Dodatak A

Razlika između preliminarnih i konačnih podataka o gotovom novcu izvan banaka

Dnevne kratkoročne prognoze izrađuju se na osnovi preliminarnih podataka o razini gotovog novca izvan banaka, koji se obično razlikuju od konačnih serija. Preliminarne serije često se korigiraju nekoliko puta kako HNB prima točnije informacije o stanju gotovog novca u blagajnama banaka i ostalim stavkama koje se upotrebljavaju u izračunu razine gotovog novca izvan banaka. Zbog toga se prognoza izrađuje upotrebom serija neispravnih podataka.

Kad bismo uočili neki oblik pravilnosti u razlici između preliminarnih i konačnih podataka, to bismo mogli upotrijebiti za poboljšanje kvalitete preliminarnih vrijednosti (prilagodbu serije), što bi naposljetku povećalo kvalitetu samih prognoza. Na Slici 5. vidljiva su odstupanja uočena ponedjeljkom i petkom.

Slika 5. Razlika između preliminarni i konačne serije za 2005. – ponedjeljkom i petkom



Očito je da je razlika između konačnih i preliminarnih vrijednosti gotovo uvijek negativna ponedjeljkom, a pozitivna petkom, što znači da izvorni podaci konstantno podcjenjuju konačnu razinu ponedjeljkom, a precjenjuju petkom. Kod ostalih radnih dana u tjednu nisu uočene takve pravilnosti (Tablica 3.).

Tablica 3. Statistika razlika između preliminarnih i konačnih vrijednosti po danima u 2005.

	Ponedjeljak	Utorak	Srijeda	Četvrtak	Petak
Medijan	-10,5	1,1	2,0	2,6	31,7
Srednja vrijednost	-10,3	2,8	0,4	3,9	38,7
Standardna devijacija	11,4	9,7	24,0	17,9	26,2

Tablica 4. Statistika razlika između preliminarnih i konačnih vrijednosti u 2005.

	Razlika				Apsolutna razlika			
	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Minimum	Maksimum	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Minimum	Maksimum
D1	7,1	25,2	-148,2	122,6	15,7	21,0	0	148,2
D2	3,4	21,2	-247,2	100,4	7,7	20,0	0	247,2
D3	0,8	19,3	-253,5	89,3	3,9	18,9	0	253,5
D4	0,3	18,4	-247,2	89,3	3,0	18,1	0	247,2
D5	1,1	8,7	-15,1	89,3	1,7	8,6	0	89,3
D6	1,2	8,6	-13,4	89,3	1,6	8,6	0	89,3
D7	1,2	8,5	-7,9	89,3	1,4	8,4	0	89,3
D8	1,0	8,5	-13,4	89,3	1,4	8,5	0	89,3
D9	1,1	8,5	-13,4	88,9	1,4	8,5	0	88,9
D10	1,0	8,4	-13,4	88,9	1,3	8,3	0	88,9

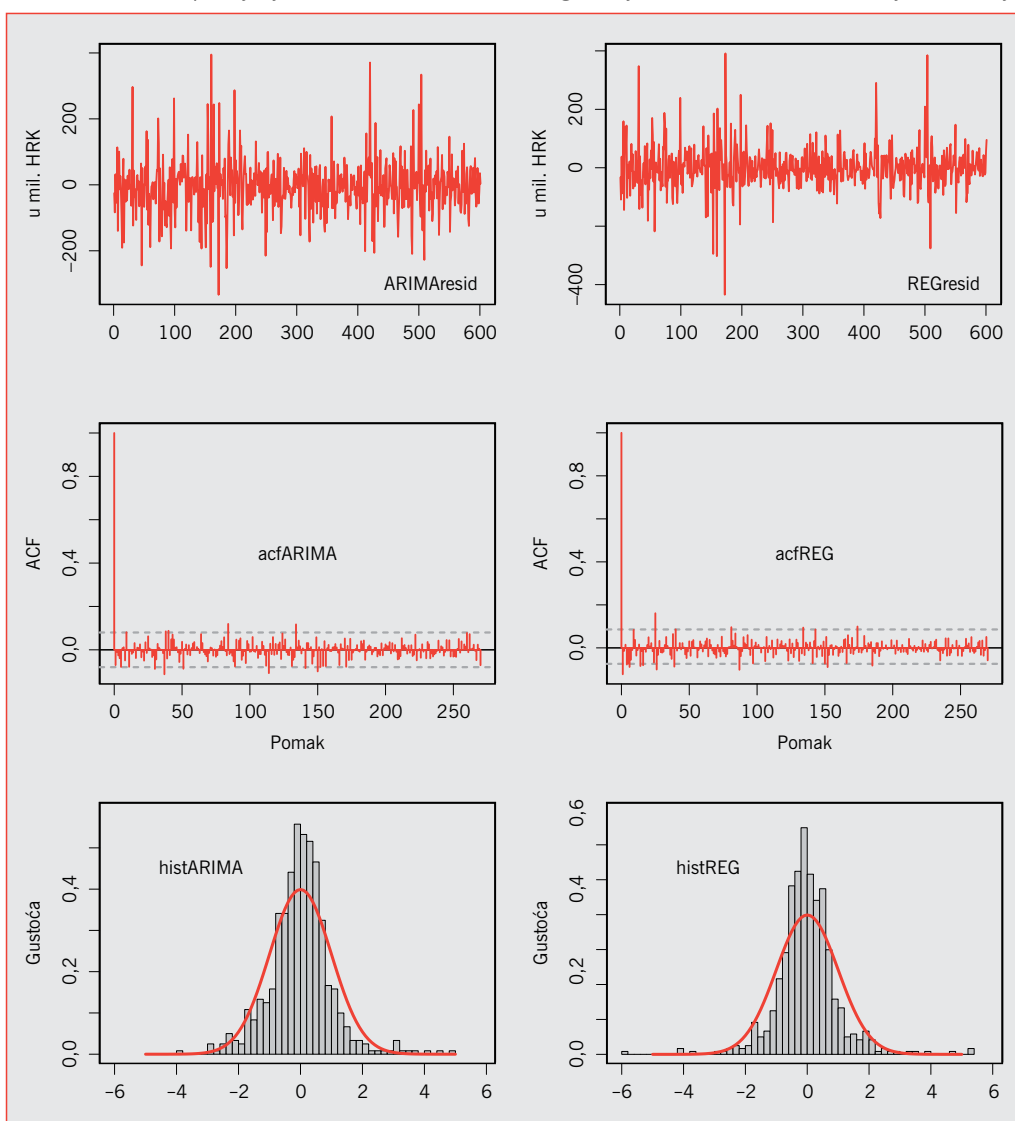
U Tablici 4. dane su statistike odstupanja i apsolutnih odstupanja konačnih serija od vrijednosti pristiglih tijekom sljedećih nekoliko dana. Oznaka D1 odnosi se na razliku između konačne serije i prvobitno primljenih podataka, oznaka D2 odnosi se na razliku između konačne serije i podataka primljenih s vremenskim pomakom od dva dana itd.

Dodatak B

Analiza reziduala

U Slici 6. dani su *in-sample* reziduali obaju modela. Postoji nekoliko netipičnih vrijednosti čiji se utjecaj može ukloniti korištenjem *dummy* varijabla na način opisan u poglavlju 3.2. Histogrami standardiziranih reziduala obaju modela ne nalikuju Gaussovoj funkciji gustoće, ali to se može donekle korigirati pravilnim tretmanom netipičnih vrijednosti. Empirijske autokorelacijske funkcije pokazuju da je u modelu još prisutna autokorelacija te bi se približavanje čistom slučajnom procesu moglo postići uključivanjem dovoljnog broja impulsnih *dummy* varijabla. Tretman mogućeg učinka ARCH ostavljen je za daljnja istraživanja.

Slika 6. Reziduali procijenjenih statističkih modela, odgovarajuće uzoračke autokorelacijske funkcije



Napomena: Dvije donje slike ilustriraju bliskost standardiziranih reziduala i funkcije gustoće standardne normalne slučajne varijable.

Literatura

- Bell, W. R. i Hillmer, S. C. (1983.): Modelling Time Series with Calendar Variation, *Journal of the American Statistical Association*, 78, str. 526 – 534
- Brockwell, P. J. i Davis, R. A. (1991.): *Time Series: Theory and Methods*, Springer Verlag
- Brockwell, P. J. i Davis, R. A. (2002.): *Introduction to Time Series and Forecasting*, 2. izdanje, Springer Verlag
- Cabrero, A., Camba-Mendez, G., Hirsch, A. i Nieto, F. (2002.): Modelling the Daily Banknotes in Circulation in the Context of the Liquidity Management of the European Central Bank, European Central Bank – *Working Paper Series*, WP br. 142
- Diebold, F. X. (2004.): *Elements of Forecasting*, Thomson South-Western
- Hlavaček M., Konak, M. i Čada, J. (2005.): The Application of Structured Feedforward Neural Networks to the Modelling of Daily Series of Currency in Circulation, *Working Paper Series of the Czech National Bank (CNB)*
- Kunitomo, N. i Takaoko, M. (2002.): On RegARIMA Model, RegSSARMA Model and Seasonality, *International Time Series Conference on Seasonality and Periodicity*, Institute of Statistical Mathematics, Tokio

Do sada objavljena istraživanja

Broj	Datum	Naslov	Autor(i)
I-1	studen 1999.	Je li neslužbeno gospodarstvo izvor korupcije?	Michael Faulend i Vedran Šošić
I-2	ožujak 2000.	Visoka razina cijena u Hrvatskoj – neki uzroci i posljedice	Danijel Nestić
I-3	svibanj 2000.	Statističko evidentiranje pozicije putovanja – turizam u platnoj bilanci Republike Hrvatske	Davor Galinec
I-4	lipanj 2000.	Hrvatska u drugoj fazi tranzicije 1994. – 1999.	Velimir Šonje i Boris Vujčić
I-5	lipanj 2000.	Mjerenje sličnosti gospodarskih kretanja u Srednjoj Europi: povezanost poslovnih ciklusa Njemačke, Mađarske, Češke i Hrvatske	Velimir Šonje i Igeta Vrbanc
I-6	rujan 2000.	Tečaj i proizvodnja nakon velike ekonomske krize i tijekom tranzicijskog razdoblja u Srednjoj Europi	Velimir Šonje
I-7	rujan 2000.	OLS model fizičkih pokazatelja inozemnoga turističkog prometa na hrvatskom tržištu	Tihomir Stučka
I-8	prosinac 2000.	Je li Srednja Europa optimalno valutno područje?	Alen Belullo, Velimir Šonje i Igeta Vrbanc
I-9	svibanj 2001.	Nelikvidnost: razotkrivanje tajne	Velimir Šonje, Michael Faulend i Vedran Šošić
I-10	rujan 2001.	Analiza pristupa Republike Hrvatske Svjetskoj trgovinskoj organizaciji upotrebom računalnog modela opće ravnoteže	Jasminka Šohinger, Davor Galinec i Glenn W. Harrison
I-11	travanj 2002.	Usporedba dvaju ekonometrijskih modela (OLS i SUR) za prognoziranje dolazaka turista u Hrvatsku	Tihomir Stučka
I-12	veljača 2003.	Strane banke u Hrvatskoj: iz druge perspektive	Evan Kraft
I-13	veljača 2004.	Valutna kriza: teorija i praksa s primjenom na Hrvatsku	Ivo Krznar
I-14	lipanj 2004.	Privatizacija, ulazak stranih banaka i efikasnost banaka u Hrvatskoj: analiza stohastičke granice fleksibilne Fourierove funkcije troška	Evan Kraft, Richard Hofler i James Payne
I-15	rujan 2004.	Konvergencija razina cijena: Hrvatska, tranzicijske zemlje i EU	Danijel Nestić
I-16	rujan 2004.	Novi kompozitni indikatori za hrvatsko gospodarstvo: prilog razvoju domaćeg sustava cikličkih indikatora	Saša Cerovac
I-17	siječanj 2006.	Anketa pouzdanja potrošača u Hrvatskoj	Maja Bukovšak
I-18	listopad 2006.	Kratkoročno prognoziranje inflacije u Hrvatskoj korištenjem sezonskih ARIMA procesa	Andreja Pufnik i Davor Kunovac
I-19	svibanj 2007.	Kolika je konkurencija u hrvatskom bankarskom sektoru?	Evan Kraft
I-20	lipanj 2008.	Primjena hedonističke metode za izračunavanje indeksa cijena nekretnina u Hrvatskoj	Davor Kunovac, Enes Đozović, Gorana Lukinić, Andreja Pufnik

Upute autorima

Hrvatska narodna banka objavljuje u svojim povremenim publikacijama *Istraživanja, Pregledi i Rasprave* znanstvene i stručne radove zaposlenika Banke, gostiju istraživača i vanjskih suradnika.

Prispjeli radovi podliježu postupku recenzije i klasifikacije koji provodi Komisija za klasifikaciju i vrednovanje radova. Autori se u roku od najviše dva mjeseca od primitka njihova rada obavještavaju o odluci o prihvatanju ili odbijanju članka za objavljivanje.

Radovi se primaju i objavljuju na hrvatskom i/ili na engleskom jeziku.

Radovi predloženi za objavljivanje moraju ispunjavati sljedeće uvjete.

Tekstovi moraju biti dostavljeni elektroničkom poštom, na magnetnim ili optičkim medijima (3.5" diskete, ZIP, CD), a uz medij treba priložiti i ispis na papiru. Format zapisa treba biti Word for Windows, a preferira se RTF format kodne strane 437 ili 852.

Na prvoj stranici rada obvezno je navesti naslov rada, ime i prezime autora, akademske titule, naziv ustanove u kojoj je autor zaposlen, suradnike te potpunu adresu na koju će se autoru slati primjerci za korekturu.

Dodatne informacije, primjerice, zahvale i priznanja, mogu se uključiti u naslovnu stranicu. Ako je ta informacija dugačka, poželjno ju je uključiti u tekst, bilo na kraju uvodnog dijela bilo u posebnom dijelu teksta koji prethodi popisu literature.

Na drugoj stranici svaki rad mora sadržavati sažetak i ključne riječi. Sažetak mora biti jasan, deskriptivan, pisan u trećem licu i ne dulji od 250 riječi (najviše 1500 znakova). Ispod sažetka treba navesti do 5 ključnih pojmova.

Tekst treba biti otipkan s proredom, na stranici formata A4. Tekst se ne smije oblikovati, dopušteno je samo podebljavanje (bold) i kurziviranje (italic) dijelova teksta. Naslove je potrebno numerirati i odvojiti dvostrukim proredom od teksta, ali bez formatiranja.

Tablice, slike i grafikoni koji su sastavni dio rada, moraju biti pregledni, te moraju sadržavati: broj, naslov, mjerne jedinice, legendu, izvor podataka te bilješke (fusnote). Bilješke koje se odnose na tablice, slike ili grafikone treba obilježiti malim slovima (a, b, c...) i ispisati ih odmah ispod. Ako se posebno dostavljaju (tablice, slike i grafikoni), potrebno je označiti mjesta u tekstu gdje dolaze. Numeracija mora biti u skladu s njihovim slijedom u tekstu te se na njih treba referirati prema numeraciji. Ako su već umetnuti u tekst iz drugih programa (Excel, Lotus,...) onda je potrebno dostaviti i te datoteke u Excel formatu (grafikoni moraju imati pripadajuće serije podataka).

Ilustracije trebaju biti u standardnom EPS ili TIFF formatu s opisima u Helvetic (Arial, Swiss) veličine 8 točaka. Skenirane ilustracije trebaju biti rezolucije 300 dpi za sivu skalnu ili ilustraciju u punoj boji i 600 dpi za lineart (nacrti, dijagrami, sheme).

Formule moraju biti napisane čitljivo. Indeksi i eksponenti moraju biti jasni. Značenja simbola moraju se objasniti odmah nakon jednadžbe u kojoj se prvi put upotrebljavaju. Jednadžbe na koje se autor poziva u tekstu potrebno je obilježiti serijskim brojevima u zagradi uz desnu marginu.

Bilješke na dnu stranice (fusnote) treba označiti arapskim brojkama podignutim iznad teksta. Trebaju biti što kraće i pisane slovima manjim od slova kojim je pisan tekst.

Popis literature dolazi na kraju rada, a u njega ulaze djela navedena u tekstu. Literatura treba biti navedena abecednim redom prezimena autora, a podaci o djelu moraju sadržavati i podatke o izdavaču, mjesto i godinu izdavanja.

Uredništvo zadržava pravo da autoru vrati na ponovni pregled prihvaćeni rad i ilustracije koje ne zadovoljavaju navedene upute.

Pozivamo zainteresirane autore koji žele objaviti svoje radove da ih pošalju na adresu Direkcije za izdavačku djelatnost, prema navedenim uputama.

Hrvatska narodna banka izdaje sljedeće publikacije:

Godišnje izvješće Hrvatske narodne banke

Redovita godišnja publikacija koja sadržava godišnji pregled novčanih i općih ekonomskih kretanja te pregled statistike.

Polugodišnje izvješće Hrvatske narodne banke

Redovita polugodišnja publikacija koja sadržava polugodišnji pregled novčanih i općih ekonomskih kretanja te pregled statistike.

Tromjesečno izvješće Hrvatske narodne banke

Redovita tromjesečna publikacija koja sadržava tromjesečni pregled novčanih i općih ekonomskih kretanja.

Bilten o bankama

Redovita publikacija koja sadržava pregled i podatke o bankama.

Bilten Hrvatske narodne banke

Redovita mjesečna publikacija koja sadržava mjesečni pregled novčanih i općih ekonomskih kretanja te pregled monetarne statistike.

Istraživanja Hrvatske narodne banke

Povremena publikacija u kojoj se objavljuju kraći znanstveni radovi zaposlenika banke, gostiju istraživača i vanjskih suradnika.

Pregledi Hrvatske narodne banke

Povremena publikacija u kojoj se objavljuju informativno-pregledni radovi zaposlenika banke, gostiju istraživača i vanjskih suradnika.

Rasprave Hrvatske narodne banke

Povremena publikacija u kojoj se objavljuju rasprave zaposlenika banke, gostiju istraživača i vanjskih suradnika.

Hrvatska narodna banka izdavač je i drugih publikacija, primjerice: zbornika radova s konferencija kojih je organizator ili suorganizator, knjiga i radova ili prijevoda knjiga i radova od posebnog interesa za HNB i drugih sličnih izdanja.