



Originalni članak

UPOREDNA ANALIZA POSLOVNIH CIKLUSA PRIMENOM HP I HAMILTONOVOG FILTERA COMPARATIVE ANALYSIS OF BUSINESS CYCLES USING THE HP AND THE HAMILTON FILTER

JOVANA MILEUSNIC¹, ZORICA MLADENOVIC²

¹ Univerzitet u Beogradu, Ekonomski fakultet, Beograd, jovana.mileusnic@ekof.bg.ac.rs,  0009-0007-4212-4035

² Univerzitet u Beogradu, Ekonomski fakultet, Beograd, zorica.mladenovic@ekof.bg.ac.rs,  0000-0003-1579-4205

Rezime: U radu su analizirane performanse Hodrick-Preskotovog (HP) i Hamiltonovog filtera pri dekompoziciji vremenskih serija na trend i cikličnu komponentu, koristeći mesečne podatke indeksa industrijske proizvodnje za zemlje Centralne i Istočne Evrope u periodu 2000–2025. Rezultati pokazuju da ciklusi dobijeni Hamiltonovim filterom ispoljavaju veću perzistentnost i viši stepen usklađenosti ciklusa među posmatranim zemljama. Međutim, nalazi ne potvrđuju da je ovaj filter robusniji na promenu ulaznih parametara i na ocenjivanje u realnom vremenu, što bi trebalo da je njegova ključna metodološka prednost u odnosu na HP filter (Hamilton (2018)). Naše istraživanje može da doprinese boljem razumevanju novijih pristupa u analizi poslovnih ciklusa i da ukaže na pojedine metodološke izazove u formiranju izvedenih serija.

Ključne reči: Hamiltonov filter, HP filter, poslovni ciklusi.

Abstract: This paper examines the performance of the Hodrick-Prescott (HP) filter and the Hamilton filter in decomposing time series into trend and cyclical components, using monthly industrial production index data for selected Central and Eastern European countries from 2000 to 2025. The findings suggest that the cycles extracted using the Hamilton filter exhibit greater persistence and a higher degree of cross-country coherence. However, the analysis does not provide strong evidence of superior robustness of the Hamilton approach under variations in input parameters or in real-time estimation, despite claims that Hamilton filter “achieves all the objectives sought by users of the HP filter with none of its drawbacks” (Hamilton (2018)). Our study aims to enhance understanding of modern filtering techniques in business cycle analysis while highlighting some methodological challenges that researchers should consider when extracting time series components.

Keywords: Hamilton filter, HP filter, business cycles.

1. UVOD

Primena metoda dekompozicije prethodno desezonirane vremenske serije na trend i cikličnu komponentu često predstavlja prvi korak ekonometrijske analize. Cilj je uklanjanje kratkoročnih oscilacija kako bi se izdvojila dugoročna komponenta kretanja. Ona se vizuelno javlja u obliku izravnate („izglačane“) serije. Međutim, rutinsko korišćenje ovih metoda često podrazumeva nepoznavanje, kako metodoloških ograničenja, tako i načina na koji se tretiraju pojedine komponente. To može dovesti do proizvoljnosti u ekonomskom tumačenju izvedenih serija.

Ciklična komponenta vremenske serije koja meri privrednu aktivnost se uzima za aproksimaciju proizvodnog jaza, a trend za potencijalni nivo proizvodnje. Prema Lucas (1995), izvedena serija ciklične komponente služi za opisivanje poslovnih ciklusa. U jednom od svojih govora, bivši član Odbora guvernera Federalnih rezervi, Miškin, ukazao je na složenost pouzdane ocene potencijalnog autputa, koji je relevantan za razumevanje da li ekonomija funkcioniše iznad ili ispod svog održivog kapaciteta¹, što opisuje kao ključni problem sa kojim se susreću kreatori ekonomskih politika u centralnim bankama.

Postupak izdvajanja dugoročne komponente privrednog rasta ima primenu u analizi i tumačenju realne i inflacione neizvesnosti (Serletis & Liu (2022), Mileusnic (2025)). Brojna istraživanja koja se bave uticajem inflacione (nominalne) i proizvodne (realne) neizvesnosti na makroekonomske pokazatelje do danas nisu dovela do jedinstvenih zaključaka, ni na teorijskom, ni na empirijskom nivou. Posmatranjem dinamičke strukture

¹ <https://www.federalreserve.gov/newsevents/speech/mishkin20070524a.htm>

unakrsnih korelacija između proizvodnog jaza i relevantnih makroekonomskih varijabli moguće je identifikovati da li one vode, prate ili zaostaju u odnosu na ciklične fluktuacije. Takva analiza pruža uvid u njihovu međusobnu dinamiku i može biti dobra polazna osnova za dalje modeliranje efekata realne i nominalne neizvesnosti.

Hamiltonov filter (Hamilton (2018)) je promovisan kao superiornije rešenje u odnosu na do tada intenzivno korišćen HP filter (Hodrick & Prescott (1997)). Kao nedostatke HP filtera, rad ističe njegovu sklonost ka stvaranju prividnih ciklusa, jer teži da oceni glatku funkciju trenda, što dalje implicira osetljivost rezultata pri promeni vrednosti parametra izravnavanja (Bank (2000), Franke et al. (2022), Franke et al. (2025)). Takođe, kao dvostrani filter, koristi prošle, sadašnje i buduće vrednosti za ocenu trenda, te postaje neprecizan na krajevima uzorka usled malog broja podataka (engl. *end-of-sample bias*). Ovo rezultira lošim svojstvima pri ocenjivanju u realnom vremenu, posebno u prisustvu strukturnih lomova (Orphanides & van Norden (2002), Jönsson (2020b)). Sa druge strane, ocenjeni trend iz Hamiltonovog filtera najčešće karakteriše visoka volatilitnost, što nije u skladu sa ustaljenim stavom da je dugoročni trend u razvijenim privredama relativno stabilan, budući da je određen strukturnim, tačnije demografskim i tehnološkim, faktorima koji se menjaju sporije (Franke et al. (2025)).

U ovom radu analiziraćemo performanse HP i Hamiltonovog filtera na osnovu mesečnog indeksa industrijske proizvodnje zemalja Centralne i Istočne Evrope u periodu 2000–2025. Naše modeliranje uzima u obzir sledeća tri aspekta: (1) uporedna analiza ocenjenog trenda i ciklične komponente, uz oslonac na standardne definicije ovih pojmova u literaturi; (2) ispitivanje osetljivosti ciklične komponente na promene parametara u oba pristupa uvažavajući predložene modifikacije koje su iznete u radovima Ravn & Uhlig (2002) i Quast & Wolters (2022) za HP i Hamiltonov filter respektivno; (3) upoređivanje ocenjenih cikličnih komponenti u zavisnosti od toga da li se dekompozicija vrši na celokupnom uzorku ili u realnom vremenu. Istraživanje je empirijskog karaktera, pa je određeno izborom konkretne vremenske serije. Budući da stvarne vrednosti potencijalnog autputa i proizvodnog jaza nisu poznate, komparativna analiza svojstava dva filtera može se posmatrati samo u kontekstu sagledavanja dinamike industrijske proizvodnje odabranog skupa zemalja (Yves S Schüller (2021)).

Struktura rada je sledeća. Kratak opis metodologije izložen je u delu 2. Podaci i empirijski rezultati su izneti u delu 3. Deo 4 donosi zaključne komentare, ideje i predloge za buduća istraživanja.

2. KRATAK OPIS METODOLOGIJE

Izdvajanje komponente trenda primenom HP filtera zasniva se na rešavanju problema minimizacije oblika:

$$\min_{\tau} \left(\sum_{t=1}^T (y_t - \tau_t)^2 + \lambda \sum_{t=2}^{T-1} [(\tau_{t+1} - \tau_t) - (\tau_t - \tau_{t-1})]^2 \right), \lambda > 0, t = 1, \dots, T \quad (1)$$

gde je: y_t desezonirana vremenska serija od interesa, τ_t komponenta trenda koja se ocenjuje i λ parametar izravnavanja. Postoji jedinstveno rešenje za τ_t koje ispunjava navedeni uslov. Preporučena vrednost parametra izravnavanja definisana je u radu Hodrick & Prescott (1997), prema prethodno usvojenim pretpostavkama o volatilitnosti trenda i ciklične komponente tipičnih makroekonomskih serija, na sledeći način: $\lambda = 14,400$ ($\lambda = 1,600$) za mesečne (kvartalne) podatke. U radu Ravn & Uhlig (2002) predložene su nešto više vrednosti parametra λ , tačnije $\lambda = 129,600$ u slučaju analize mesečnih podataka, čime komponenta trenda postaje "uglašćanija", a varijacije u cikličnoj komponenti izraženije.

Dekompozicija zasnovana na Hamiltonovom filteru koristi regresioni pristup. Na primer, za nestacionarnu vremensku seriju filter polazi od autoregresionog modela četvrtog reda, prema kojem se prognozira nivo vremenske serije za horizont predviđanja h :

$$y_{t+h} = \beta_0 + \beta_1 y_t + \beta_2 y_{t-1} + \beta_3 y_{t-2} + \beta_4 y_{t-3} + v_{t+h} \quad (2)$$

U tom slučaju, trend komponenta definisana je kao prognozirana vrednost za: $\mathbf{E}(y_{t+h} | y_t, y_{t-1}, y_{t-2}, y_{t-3})$, a ciklična komponenta, v_{t+h} , kao serija reziduala oblika $\hat{v}_{t+h|T} = y_{t+h} - \hat{\beta}_{0|T} - \hat{\beta}_{1|T} y_t + \hat{\beta}_{2|T} y_{t-1} - \hat{\beta}_{3|T} y_{t-2} - \hat{\beta}_{4|T} y_{t-3}$ (Serletis & Liu (2022)). Ciklična komponenta je stacionarna, ukoliko početka vremenska serija ima maksimalno četiri jedinična korena. Preporuka za vrednost horizonta predviđanja h zavisi od učestalosti podataka (8 kod kvartalnih i 24 kod mesečnih). Međutim, Quast & Wolters (2022) sugerišu da analiza ne treba da se zasniva isključivo na jednom horizontu predviđanja, već da bi bilo bolje koristiti prosečnu grešku predviđanja, koja u slučaju kvartalnih podataka obuhvata horizonte od četiri do dvanaest. Ova sugestija u literaturi je poznata kao modifikacija Hamiltonovog filtera. Njenom primenom se postiže ravnomernije uključivanje poslovnih ciklusa različitog inteziteta i trajanja.

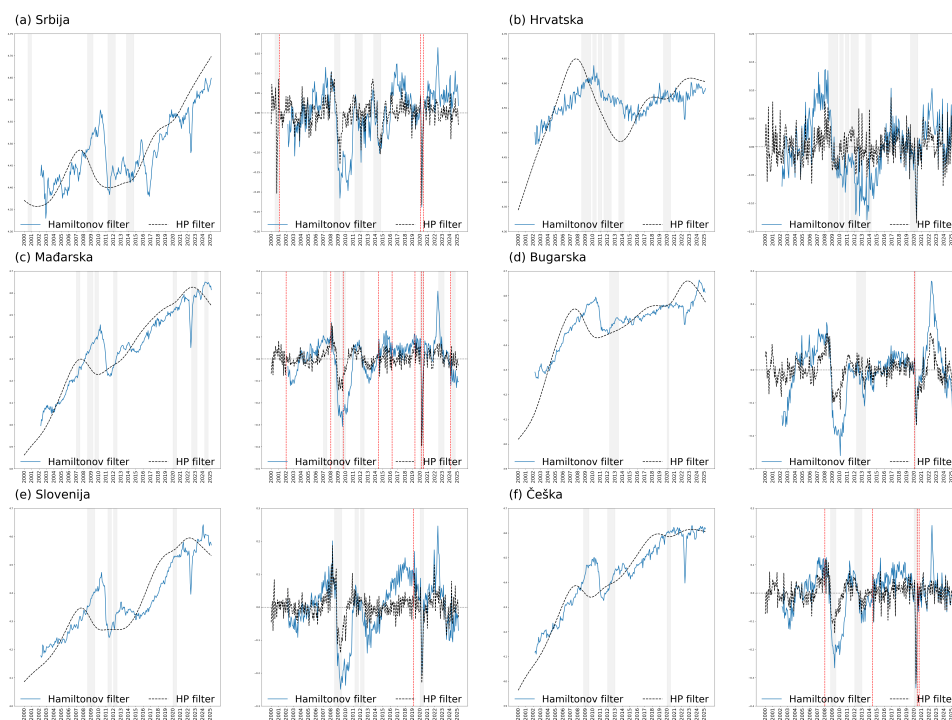
Postoji više radova koji ukazuju na nedostatke Hamiltonovog filtera. Konkretno, ovaj pristup ima tendenciju da naglasi duge poslovne cikluse, dok istovremeno zanemaruje kratkoročne oscilacije u privrednoj aktivnosti

(Yves S. Schüler (2018), Quast & Wolters (2022)). Kroz Monte Karlo simulacije pokazano je da Hamiltonov filter identifikuje cikličnu komponentu čak i u generisanim vremenskim serijama koje ne sadrže ciklična kretanja (Jönsson (2020a)). Dodatno, izbor parametra h , kao i reda autoregresionog modela deluje prilično proizvoljno, slično problemu subjektivnosti u izboru parametra λ kod HP filtera (Yves S. Schüler (2018)).

3. REZULTATI EMPIRIJSKOG ISTRAŽIVANJA

Posmatramo podatke o indeksu industrijske proizvodnje na mesečnom nivou za izabrane zemlje Centralne i Istočne Evrope (Srbiju, Hrvatsku, Mađarsku, Sloveniju, Bugarsku i Češku) u vremenskom intervalu od januara 2000. godine do marta 2025. godine. Podaci su preuzeti iz baze Bečkog instituta za međunarodne ekonomske studije (<https://www.wiwi.ac.at/>). Pored Srbije, fokusirali smo se na zemlje Centralne i Istočne koje su ujedno i članice Evropske unije. Podaci su desezonirani korišćenjem X11 metode u softveru RATS. Hamiltonov i HP filter primenjeni su na logaritmovane i desezonirane podatke indeksa industrijske proizvodnje. Opisana transformacija prati standardan pristup u makroekonomskim istraživanjima, uključujući radove Kydland, Prescott, et al. (1990), Serletis & Liu (2022). Dalja analiza je sprovedena paralelno u statističkom paketu EViews i programskom jeziku Python.

Ocenjene trend i ciklične komponente dobijene primenom prethodno opisanih metoda filtriranja prikazane su na Slici 1:. Na ovoj, kao i na narednim slikama, osenčeni su periodi recesije. Dodatno, ucrtane su i vertikalne linije koje označavaju strukturne lomove u kretanju varijanse stope rasta industrijske proizvodnje, identifikovane uz pomoć testa Inclán & Tiao (1994). Test polazi od pretpostavke da je serija stacionarna oko jedinstvene srednje vrednosti, dok varijansa može varirati unutar različitih poduzoraka, što je prikladnija pretpostavka za seriju u prvoj diferenci nego u nivou.



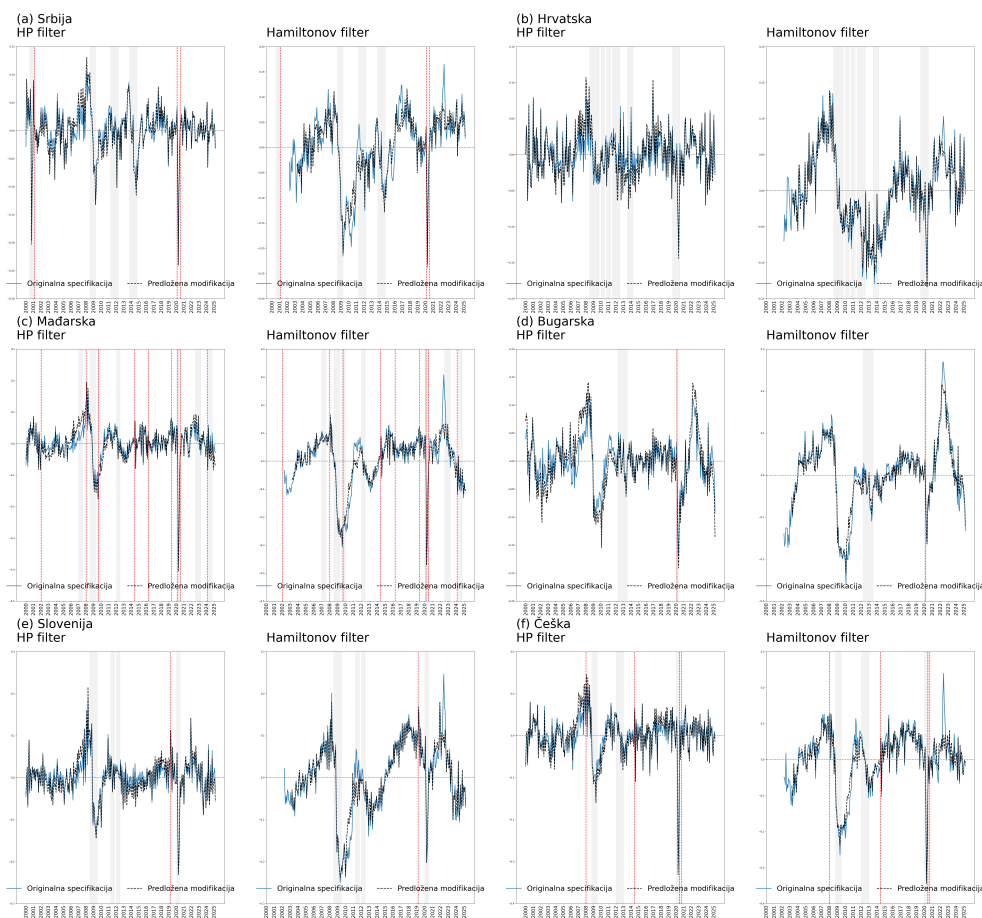
Slika 1: Uporedna analiza trend i ciklične komponente ocenjene HP i Hamiltonovim filterom za izabrane zemlje Centralne i Istočne Evrope

Izvor: Kalkulacija autora

Napomena: Levi grafikon prikazuje kretanje trend komponente ocenjene HP i Hamiltonovim filterom, dok desni grafikon omogućava uporednu analizu ocenjene ciklične komponente.

Specifičnosti svake od metoda, prethodno sagledane sa teorijskog aspekta, potvrđuju se i našim empirijskim rezultatima. Naime, trend komponenta dobijena Hamiltonovim filterom pokazuje znatno veću volatilnost, što otvara pitanje njene interpretacije, naročito u kontekstu razvijenih ekonomija Quast & Wolters (2022). Dalje, prelomne tačke u kretanju cikličnih komponenti identifikuju se u sličnim vremenskim trenucima kod obe

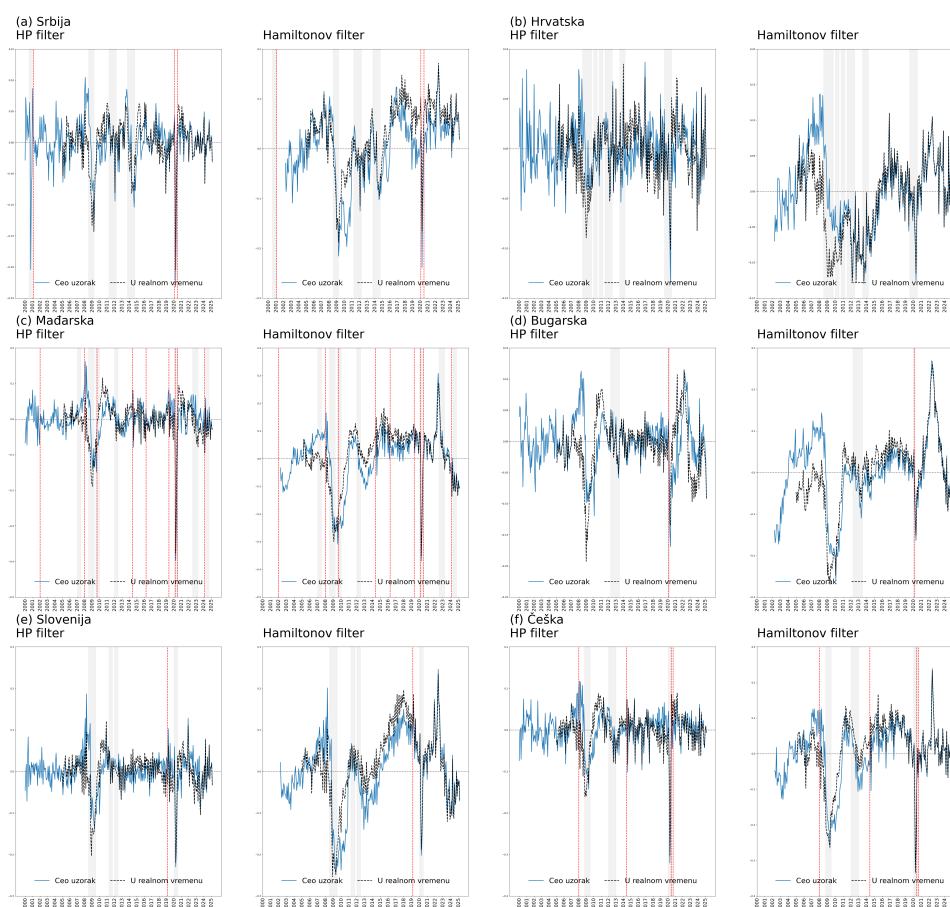
metode, pri čemu Hamiltonov filter pokazuje izraženije intenzitete pada i rasta ekonomske aktivnosti. Tačnije, izvedena serija ciklične komponente ovom metodom pokazuje izraženiju perzistentnost i jasnije poslovne cikluse, što je posebno primetno kod Hrvatske i Slovenije. Konkretno u slučaju Hrvatske, autokorelacioni koeficijent prvog reda je 0.77 za Hamiltonov filter i svega 0.14 za HP filtera (što u pojedinim segmentima uzorka cikličnu komponentu približava karakteristikama belog šuma). Imajući u vidu da se analiza sprovodi na jedinstvenom vremenskom horizontu i u okviru grupe zemalja Centralne i Istočne Evrope koje dele slične društvene, institucionalne i istorijske karakteristike, očekuje se viši stepen usklađenosti poslovnih ciklusa. Ova usklađenost se potvrđuje višim nivoom međusobne korelacije ciklusa dobijenih primenom Hamiltonovog filtera. Takođe, dugi recesioni period u Hrvatskoj koji je trajao sve do 2015. godine uočljiviji je i bolje opisan na osnovu Hamiltonovog filtera. Ipak, postavlja se pitanje da li su dugi poslovni ciklusi prenaplašeni, na šta nam ukazuju prethodni radovi (Yves S. Schüler (2018)).



Slika 2: Promene izvedene serije ciklične komponente u slučaju izmene ulaznih parametara prema predlozima datim u radovima Ravn & Uhlig (2002) i Quast & Wolters (2022)

Proveravamo prvo robusnost dobijenih rezultata vodeći računa o nedostacima HP filtera (prema radu Hamilton (2018)) i predlogu za modifikaciju Hamiltonovog filtera (prema radu Quast & Wolters (2022)). Konkretno, na Slici 2: prikazane su izvedene serije dobijene promenom ulaznih parametara. Budući da i Hamiltonov filter podrazumeva postojanje *ad hoc* parametara, horizonta predviđanja i reda autoregresionog modela (Yves S Schüler (2021)), analiziramo da li i varijacije ovih parametara utiču na rezultate u skladu sa korekcijama predloženim u radu Quast & Wolters (2022). Dobijeni nalazi ukazuju na relativno stabilne rezultate prilikom promene ulaznih parametara za oba filtera, pri čemu prilagođene modifikacije efikasno rešavaju identifikovane probleme za svaki od metoda. U slučaju HP filtera, povećanje vrednosti parametra λ dovodi do izraženijih poslovnih ciklusa, dok nas modifikovani Hamiltonov filter vodi ka cikličnoj komponenti sa manje varijacija. Ipak, ne postoji dovoljno osnova za tvrdnju da promene ulaznih parametara sistematski i

značajnije utiču na rezultate u odnosu na ocene dobijene uz originalnu specifikaciju bilo kog od posmatranih filtera.



Slika 3: Ocena ciklične komponente u realnom vremenu i na osnovu celog uzorka adresirajući problem nepreciznosti na početku i kraju uzorka

U završnom delu ispitujemo stav da HP filter pokazuje slabije performanse prilikom ocenjivanja u realnom vremenu, jer se, kao dvostrani filter, oslanja na informacije iz prošlih, sadašnjih i budućih perioda. Rezultati prikazani na Slici 3: odnose se na analizu kojom se prvih pet godina tretira kao period inicijalne kalibracije, da bi se potom ocene izvodile rekursivno na bazi proširivanja vremenskog prozora za po jedan period (engl. *quasi-real-time gap*). Nalazi ukazuju da Hamiltonov filter ispoljava izraženija odstupanja na početku uzorka, što je u skladu sa problemom pristrasnosti malih uzoraka (Yves S. Schüler (2018)), ali da se ta odstupanja vremenom značajno smanjuju i postaju gotovo zanemarljiva. Sa druge strane, kod HP filtera su odstupanja u proseku manja, mada ostaju prisutna duž čitavog uzorka. To važi i za krajeve uzorka, čak i kada se vremenski horizont gotovo poklapa sa celim uzorkom. Primetno je da su za oba filtera odstupanja izraženija u trenucima ekstremnih vrednosti (što može biti posledica samog metoda ocenjivanja). Pri tome, ovo svojstvo je posebno prisutno kod HP filtera, čime se dodatno potvrđuju nalazi prethodnih istraživanja (Siemers (2025), Jönsson (2020b)).

4. ZAKLJUČAK

Na uzorku zemalja Centralne i Istočne Evrope, u periodu od januara 2000. do marta 2025. godine, uporedili smo performanse Hodrik-Preskotovog i Hamiltonovog filtera dekompozicije vremenskih serija industrijske proizvodnje. Kako se proizvodni jaz često koristi kao aproksimacija poslovnog ciklusa, ova analiza proverava koji od filtera preciznije oslikava dinamiku ekonomske aktivnosti.

Rezultati ukazuju na visok stepen preklapanja cikličnih komponenti dobijenih primenom oba pristupa, kao i njihovo precizno prepoznavanje perioda recesije. Odsustvo stvarnih, referentnih vrednosti, čak i *ex post*, otežava evaluaciju njihove tačnosti. Ukoliko je cilj istraživanja preliminarna obrada podataka uz primenu jednostavnijih metoda, onda Hamiltonov filter deluje informativnije i konzistentnije u prikazu poslovnih ciklusa. Ipak, potrebno je oprezno pristupiti interpretaciji rezultata, budući da Hamiltonov filter pokazuje tendenciju ka prenaplašavanju cikličnih kretanja. Otuda bi primena modifikovanog Hamiltonovog filtera mogla predstavljati metodološki uravnoteženiji pristup. Međutim, u okviru našeg uzorka identifikovana odstupanja nisu bila od većeg empirijskog značaja. Ističe se i viši nivo usklađenosti poslovnih ciklusa među zemljama za koje postoji pretpostavka o strukturnim sličnostima, kao i tačniji opis dubokih recesija, poput one u Hrvatskoj.

Naša analiza ne potvrđuje veću robusnost Hamiltonovog filtera pri promeni ulaznih parametara ili u realnom vremenu. To su, prema literaturi, osnovne slabosti HP filtera koje bi primenom Hamiltonovog metoda trebalo da budu otklonjene. Ako su pomenute kritike svojstava HP filtera zaista validne, onda su neophodna dodatna istraživanja mehanizama za njihovu korekciju. Pritom, potrebno je razmotriti da li određeni filter doslednije reflektuje poslovne cikluse u zavisnosti od karakteristika posmatrane ekonomije i (ili) specifičnosti analiziranog vremenskog perioda.

LITERATURA

- Bank, E. C. (2000). Potential output growth and output gaps: concept, uses and estimates. *Monthly Bulletin*, 37–48.
- Franke, R., Kukacka, J., & Sacht, S. (2022). Reconsidering Hodrick-Prescott detrending and its smoothing parameter: Extended version, Working paper. Available at SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4147280>
- Franke, R., Kukacka, J., & Sacht, S. (2025). Is the Hamilton regression filter really superior to Hodrick–Prescott detrending? *Macroeconomic Dynamics*, 29. <https://doi.org/10.1017/S136510052400018X>
- Hamilton, J. D. (2018). Why you should never use the Hodrick-Prescott filter. *Review of Economics and Statistics*, 100(5), 831–843. https://doi.org/10.1162/rest_a_00706
- Hodrick, R. J., & Prescott, E. C. (1997). Postwar US business cycles: an empirical investigation. *Journal of Money, credit, and Banking*, 1–16. <https://doi.org/10.2307/2953682>
- Inclán, C., & Tiao, G. C. (1994). Use of Cumulative Sums of Squares for Retrospective Detection of Changes of Variance. *Journal of the American Statistical Association*, 89(427), 913–923. <https://doi.org/10.1080/01621459.1994.10476824>
- Jönsson, K. (2020a). Cyclical Dynamics and Trend/Cycle definitions: Comparing the HP and Hamilton filters. *Journal of Business Cycle Research*, 16(2), 151–162. <https://doi.org/10.1007/s41549-020-00039-x>
- Jönsson, K. (2020b). Real-time US GDP gap properties using Hamilton’s regression-based filter. *Empirical Economics*, 59(1), 307–314. <https://doi.org/10.1007/s00181-019-01631-6>
- Kydland, F. E., Prescott, E. C., et al. (1990). Business Cycles: Real Facts and a Monetary Myth. *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review*, 14(2), 3–18. <https://doi.org/10.21034/qv.1421>
- Lucas, R. E. (1995). Understanding business cycles. *Essential readings in economics*, 306–327. https://doi.org/10.1007/978-1-349-24002-9_17
- Mileusnic, J. (2025). *Višedimenzioni modeli volatilnosti u analizi makroekonomske neizvesnosti: master teza*. Ekonomski fakultet u Beogradu.
- Orphanides, A., & van Norden, S. (2002). The Unreliability of Output-Gap Estimates in Real Time. *The Review of Economics and Statistics*, 84(4), 569–583. <https://doi.org/10.1162/003465302760556422>
- Quast, J., & Wolters, M. H. (2022). Reliable Real-Time Output Gap Estimates Based on a Modified Hamilton Filter. *Journal of Business & Economic Statistics*, 40(1), 152–168. <https://doi.org/10.1080/07350015.2020.1784747>
- Ravn, M. O., & Uhlig, H. (2002). On adjusting the Hodrick-Prescott filter for the frequency of observations. *Review of economics and statistics*, 84(2), 371–376. <https://doi.org/10.1162/003465302317411604>
- Schüler, Y. S. [Yves S.]. (2018). Detrending and financial cycle facts across G7 countries: Mind a spurious medium term. *ECB Working Paper No. 2138; ISBN: 978-92-899-3243-1*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3152820>
- Schüler, Y. S. [Yves S.]. (2021). On the cyclical properties of Hamilton’s regression filter. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3559776>. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3559776>
- Serletis, A., & Liu, J. (2022). Inflation and economic activity in advanced and emerging economies. *International Journal of Finance & Economics*, 27(4), 4196–4223. <https://doi.org/10.1002/ijfe.2367>
- Siemers, L.-H. (2025). On the Hamilton-HP Filter Controversy: Evidence from German Business Cycles. *Journal of Business Cycle Research*, 1–43. <https://doi.org/10.1007/s41549-025-00107-0>