

KLASTERSKO MAPIRANJE CIJENA FIKSNOG ŠIROKOPOJASNOG INTERNETA U EUROPI S FOKUSOM NA PRIUŠTIVOST

ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER
/ IZVORNI ZNANSTVENI RAD

UDK: 338.5:004.738.5(4)

JEL: O30 ; O36
DOI: 10.56321/ijmbs.11.17.22

Autor/Author:

IVAN JAJIĆ

ASISTENT

University of Zagreb, Faculty of Economics and Business

J. F. Kennedy Sq. 6, Zagreb, Croatia

E-mail: ijajic@net.efzg.hr

ORCID: 0000-0002-5081-3531

SAŽETAK

Rad analizira najniže cijene fiksnog širokopojasnog interneta u Europi koristeći Eurostatove podatke za dvije referentne godine (2019. i 2023.), standardizirane paritetom kupovne moći. Primijenjena je k-means klasterška analiza (odvojeno po godinama) uz standardne pokazatelje valjanosti klastera, a promjene kroz vrijeme procijenjene su testovima ponovljenih mjerenja i modelom s fiksnim učincima po državama. Rezultati pokazuju izražen pad cijena u prosjeku na razini uzorka te stabilnu segmentaciju tržišta u dva jasno razdvojena klastera (jeftiniji i skuplji). Nadalje, centri oba klastera 2023. niži su nego 2019. godine, što upućuje na jasan smjer prema nižim cijenama. Republika Hrvatska bilježi smanjenje cijene, ali ostaje u skupljem klasteru i na približno istom relativnom položaju u usporedbi s ostalim državama. Doprinos rada je dvostruk: (i) pruža konzistentno, metodološki transparentno klasterško mapiranje priuštivosti fiksnog interneta za usporedbu zemalja i praćenje promjena, te (ii) daje relevantan uvid prema poboljšanju apsolutne priuštivosti, dok se relativna pozicija država, uključujući Republiku Hrvatsku, sporo mijenja.

KLJUČNE RIJEČI: priuštivost, Internet, PPP, k-means

1. UVOD

Pristup brzom fiksnom internetu infrastrukturni je preduvjet digitalne uključenosti i rasta, a analize cjenovne priuštivosti u europskom kontekstu sve češće oslanjaju se na standardizirane košarice i usporedive indikatore (Briglauer et al., 2024; de Clercq et al., 2023). U ovom radu koriste se službeni podaci Eursotata europskih država o cijenama fiksnog širokopojasnog pristupa internetu koje su analizirane metodološkim okvirom koji kombinira deskriptivnu statistiku s klasterškim mapiranjem država pomoću algoritma k-means i internim pokazateljima valjanosti (Ikotun et al., 2022; Pakgohar et al., 2024). Leogrande et al. (2022) utvrđuju negativnu povezanost s pokazateljima pokrivenosti interneta, korištenja širokopojasnog pristupa i digitalnih vještina na razini država Europe. Paritet kupovne moći (engl. Purchase Power Parity, PPP) predstavlja faktor koji korigira nominalne tečajeve za razlike u razinama cijena među državama, omogućujući usporedbu u zajedničkoj valuti kupovne moći. U analizi pristupačnosti cijena fiksnog širokopojasnog pristupa ovog rada PPP se koristi kako bi se nominalne cijene pretvorile u vrijednosti usporedive između analiziranih država (Corrado et al., 2016).

Uz statičnu segmentaciju, analiza rada obuhvaća i vremensku dinamiku, odnosno razliku između dviju godina. Analiza se provodi RM-ANOVA-om (dvije razine; ekvivalent uparenom t-testu) te modelom s fiksnim učincima po zemlji, koji kontrolira stalne razlike među državama kao što je kreirano u radu Aravantinos et al. (2021). S obzirom na navedene znanstvene radove i njihove rezultate ciljevi ovog rada su (1) kvantificirati razine i distribucijske karakteristike cijena i procijeniti odstupanja od normalnosti, (2) mapirati i validirati klastera prema priuštivosti te precizno odrediti relativan položaj Republike Hrvatske i (3) testirati promjenu priuštivosti između dviju godina uz potvrdu evaluacijskih metrika modela te relevantnu interpretaciju rezultata.

Struktura rada započinje s kratkim pregledom relevantne literature o mjerenju priuštivosti i klasterškim pristupima. Zatim

slijedi opis podataka i metodologije, a potom rezultati analize uz raspravu te, naposljetku, zaključak s ograničenjima i prijedlozima za buduća istraživanja.

2. PREGLED LITERATURE

Znanstvena literatura potvrđuje da je širokopojasna povezanost ključna za ekonomske i društvene ishode te da razlike u dostupnosti i cijenama mogu održavati ili produbljivati regionalne nejednakosti (Briglauer et al., 2024; de Clercq et al., 2023). Na strani cijenovne komponente, radovi su usmjereni na dinamiku i kvalitetno prilagođeno vrednovanje te koriste modeliranje cijena prema karakteristikama kvalitete paketa usluga (Pápai et al., 2024). Nadalje, radovi o tarifama i kreiranju cijena u Europskoj uniji oslanjaju se više na panel-modele analize za identifikaciju strukturnih stavki (Aravantinos et al., 2021). Lindlacher (2021) pokazuje da je potražnja za najbržim internet vezama često ograničena i heterogena, što implicira elastičnosti i preferencije relevantne za tumačenje priuštivosti. Czajkowski et al. (2024) kvantificiraju supstituciju između fiksnog i mobilnog pristupa uz pojavu 5G i procjenjuju vlastite i unakrsne cjenovne elastičnosti, dok Sinclair (2023) u radu temeljenom na australskom National Broadband Networku procjenjuje korist i spremnost na plaćanje za više brzine veze te implicira da priuštivost nije samo funkcija cijene, nego i vrednovanih atributa usluge. Zaključno, ovi rezultati daju čvrst temelj za pristup koji uključuje deskriptivnu statistiku, klstersko mapiranje i testiranje promjena tijekom vremena te omogućuju relevantnu interpretaciju apsolutne (razine cijena/priuštivosti) i relativne (položaj država u klsterima) strukture europskog tržišta fiksnog širokopojasnog pristupa internetu. Metodološki, k-means ostaje standard za grupiranje država po cjenovnim obilježjima, a aktualni pregledi naglašavaju važnost validacijskih metrika, ponajprije Silhouette, Calinski–Harabasz, uz dopunu Dunnovim indeksom za izbor i ocjenu stabilnosti klsterskih rješenja (Ikotun et al., 2022; Pakgohar et al., 2024). Navedeno se detaljnije opisuje u sljedećem poglavlju metodologije.

3. METODOLOGIJA

Podaci su preuzeti iz baze Eurostat za *“Mobile and fixed broadband internet prices by type of offer (least expensive)”*, s godišnjom učestalošću i cijenama izraženima u eurima prema paritetu kupovne moći (PPP). Nadalje, u analizi su korištene dvije godine (2019. i 2023.) te su uključene države s potpunim podacima u obje godine ($n=27$), uz interpretativni fokus na Republici Hrvatskoj. Varijabla interesa je kontinuirana PPP cijena, podaci su očišćeni i preoblikovani u long format (država–godina), a deskriptivna statistika po godini uključuje srednju vrijednost, standardnu devijaciju, minimum, maksimum, skewness, kurtosis i Shapiro–Wilk test normalnosti. Za svaku godinu zasebno provedena je k-means klster analiza radi identifikacije homogenih skupina zemalja prema razini cijena. Broj klstera je procijenjen kriterijima (Silhouette, potpomognuto „elbow“ metodom), a kvaliteta rješenja izvještava se standardnim pokazateljima (Silhouette, Calinski–Harabasz, Dunn) u skladu s novijim pregledima i komparativnim radovima validacijskih indeksa (Ikotun et al., 2022; Pakgohar et al., 2024; Jajić et al., 2025). Klsteri se interpretiraju kroz središta (centroide) i veličine, uz rangiranje država (1 = najniža cijena) i izračun percentila. Kako se iste države uspoređuju unutar dvije godine, razlika je provjerena testom uparenih uzoraka (ANOVA) i pritom su navedene osnovne metrike (vrijednost testa, razinu značajnosti, i veličinu učinka (Cohen d)) (Aravantinos et al., 2021). Radi dodatne provjere korišten je i jednostavan model s fiksnim učincima po državi, koji uklanja stalne razlike među državama i tako dobivamo relevantnije promjene između 2019. i 2023. godine. Analize su provedene u statističkim alatima SPSS te JASP.

4. REZULTATI

U ovom poglavlju prikazuju se rezultati analize istraživanja. Analize su usmjerene na interpretaciju apsolutnih razina (priuštivost u eurima prema PPP-u) i relativnog položaja zemalja (rang i klster), uz statističku provjeru promjene između dviju vremenskih točaka.

Tablica 1 prikazuje osnovne deskriptive vrijednosti po godinama. U 2019. godini raspodjela je šira i blago desno asimetrična, dok su u 2023. godini cijene su niže i manje varijabilne, uz blago odstupanje od normalnosti ($p=0,0448$). Prosječna PPP cijena pada s 30,20 € (2019.) na 20,95 € (2023.), uz sužavanje raspona i standardne devijacije, što upućuje na usmjerenje prema nižim cijenama.

Tablica 1. Deskriptivna statistika

Godina	n	Srednja vrijednost	SD	Min	Max	Skewness	Kurtosis (excess)	Shapiro-W	Shapiro-p
2019	27	30,2	13,05	11,48	67,27	0,894	0,915	0,94	0,12234
2023	27	20,95	7,69	9,97	33,73	-0,009	-1,472	0,922	0,0448

Izvor: Autorov rad

Dobivena razina objašnjene varijacije u Tablici 2 upućuje da se znatan dio kretanja cijena između 2019. i 2023. može pripisati vremenskom učinku nakon što se izdvoje trajne zemljopisne razlike. Vidljiv je pad cijena 2023. godine unutar većine država, te nije posljedica promjene sastava uzorka ili strukturalnih razlika među državama. Koefficijenti determinacije pokazuju da je riječ o jednostavnijem, ali dovoljno informativnom modelu za predmetnu analizu.

Tablica 2. Metrike modela

n	p (broj parametara)	R2	R2_adj	AIC	BIC
54	27	0,763	0,518	395,02	450,71

Izvor: Autorov rad

Rješenje s dva klastera u Tablici 3 stabilno razdvaja države na jeftiniji i skuplji segment u obje promatrane godine. U 2023. godini je razdvajanje oštrije (veća kohezija unutar skupina i veća udaljenost među njima), što implicira da su se države grupirale u dva jasna cjenovna bloka. Istodobno, apsolutne razine cijena su niže (centroidi su niži), pa se može govoriti o usmjerenju prema nižim cijenama, ali uz trajnu dvosegmentnu strukturu tržišta. Dio država i dalje ima osjetno manje cijene, a dio više, i to na stabilan način kroz promatrani period.

Tablica 3. Klaster metrike

Godina	k	Silhouette	Dunn	Calinski-Harabasz
2019	2	0,604	0,111	51,66
2023	2	0,688	0,142	116,16

Izvor: Autorov rad

Usporedba istih država u Tablici 4 kroz dvije godine pokazuje da su cijene 2023. godine u prosjeku niže nego 2019. Razlika je ne samo statistički vrlo značajna ($p < 0,001$), nego i velika po učinku (Cohen dz = 0,81), što znači da je pad cijena izražen u odnosu na njihovu varijabilnost među državama. Budući da se radi o dvjema vremenskim točkama na istim jedinicama, ovaj nalaz je ekvivalentan izvještaju RM-ANOVA za dvije razine ($F = t^2$), što potvrđuje konzistentnost zaključka o padu cijena.

Tablica 4. ANOVA s ponovljenim mjerenjima (dvije razine; ekvivalent uparenom t-testu)

n	Srednja razlika (2023-2019)	SD razlike	t	df	p	Cohen dz
27	-9,25	11,38	-4,221	26	0,00026	-0,812

Izvor: Autorov rad

Raspodjela tranzicija potvrđuje stabilnost klasterne strukture, 18 od 27 zemalja (66,7%) ostaje u istom segmentu (9 u jeftinijem, 9 u skupljem). Istodobno, bilježimo umjerenu dinamiku gdje 5 država prelazi iz jeftinijeg u skuplji klaster (Austrija, Francuska, Njemačka, Italija, Luksemburg), dok četiri (4) zemlje prelaze u suprotnom smjeru (Danska, Malta, Slovenija, Španjolska), što daje samo jednu državu u skupljem segmentu 2023. u odnosu na 2019. godinu.

Tablica 5. Države prema klasterima i vremenskom periodu

Kategorija	Broj zemalja	Zemlje
Ostaje u jeftinijem klasteru (1→1)	9	Bugarska, Češka, Finska, Mađarska, Latvija, Litva, Poljska, Rumunjska, Slovačka
Ostaje u skupljem klasteru (2→2)	9	Belgija, Hrvatska, Cipar, Estonija, Grčka, Irska, Nizozemska, Portugal, Švedska
Prelazi u skuplji klaster (1→2)	5	Austrija, Francuska, Njemačka, Italija, Luksemburg
Prelazi u jeftiniji klaster (2→1)	4	Danska, Malta, Slovenija, Španjolska

Izvor: Autorov rad

Republika Hrvatska je u obje godine u skupljem klasteru (2) i zadržava isti relativni poredak (18/27), iako joj se apsolutna cijena znatno smanjuje (sa 34,15 € na 26,23 €, prema PPP-u). To znači da je priuštivost poboljšana, ali su se drugi također poboljšali približno jednako ili više, pa se relativna pozicija Republike Hrvatske nije mijenjala.

Tablica 6. Pozicija Republike Hrvatske

Država	Godina	PPP	Klaster	Rang (1=najjeftiniji)	Percentil
Hrvatska	2019	34,15	2	18	66,7
Hrvatska	2023	26,23	2	18	66,7

Izvor: Autorov rad

5. RASPRAVA

Pad cijena i zadržavanje stabilne dvoklasterske strukture u skladu su s rezultatima da širokopojasna infrastruktura i potražnja ko-evoluiraju, ali su međudržavne razlike često vidljive (de Clercq et al., 2023; Briglauer et al., 2024). Jasnije odvajanje klastera 2023. godine uz niže centroide implicira usmjerenje prema nižim cijenama, ali i postojanost relativnih pozicija, što je konzistentno s rezultatima o strukturnim odrednicama tarifa u Europskoj Uniji prema radu Aravantinos et al. (2021). Pápai et al. (2024), modeliranje cijena prema karakteristikama kvalitete paketa usluge, pokazuju da dio dinamike cijena odražava promjene u kvaliteti paketa. Iako indikator u ovom istraživanju mjeri najnižu cijenu košarice (PPP), stabilnost klastera sugerira da strukturne razlike (tržišna struktura, regulatorni okvir, preferencije) i dalje oblikuju relativne pozicije država. Za Republiku Hrvatsku to znači da je ostvaren apsolutni napredak (nižoj cijeni), ali je relativni položaj i dalje izazov, što podupire potrebu za strukturnim mjerama usmjerenim na dugoročnu priuštivost i konkurentnost.

6. ZAKLJUČAK

Ovaj je rad imao tri cilja, (1) kvantificirati razine i distribucijske karakteristike cijena i procijeniti odstupanja od normalnosti, (2) mapirati i validirati klasterne prema priuštivosti te precizno odrediti relativan položaj Republike Hrvatske i (3) testirati promjenu priuštivosti između dviju godina uz potvrdu evaluacijskih metrika modela te relevantnu interpretaciju rezultata. Rezultati istraživanja dosljedno upućuju na smanjenje prosječne cijene i varijabilnosti u 2023. u odnosu na 2019., stabilnu dvoklastersku segmentaciju tržišta (jeftiniji/skuplji skup) uz izraženiju separaciju u 2023. godini, te na statistički i značajan pad cijena unutar istih država. Republika Hrvatska bilježi pad apsolutne cijene, ali zadržava istu relativnu poziciju i pripadnost skupljem klasteru, što upućuje na perzistenciju strukturnih razlika između država.

Ograničenja uključuju uzorak na samo dvije godine, jednovarijantnu specifikaciju (cijena jedne košarice) i oslonac na interne validacijske mjere klastera, bez vanjskih kriterija. Unatoč tome, identificirani klasteri razina cijena i pristupačnosti pružaju regulatorima temelj za usporedbu nacionalnih politika (u području poticanja tržišnog natjecanja, regulacije veleprodajnih i maloprodajnih cijena te uvođenja socijalnih tarifa). S druge strane, za potrošače i organizacije koje ih zastupaju rezultati istraživanja pokazuju koliko je fiksni širokopojasni internet (ne)priuštiv te prikazuju mogućnosti rizika digitalne isključenosti.

Buduća istraživanja mogu proširiti vremenski okvir, uvesti multivarijatne košarice i kvalitetno-prilagođene cjenovne indekse. Također, moguće je povezati cjenovnu dinamiku s tržišnim i institucionalnim faktorima u panel-okviru, modelirati učinke regulatornih mjera na pristupačnost te provesti robustne i senzitivne analize radi verifikacije stabilnosti rezultata.

LITERATURA

1. Aravantinos, E., Petre, K., Katsianis, D. & Varoutas, D. (2021) Determinants of FTTH Tariffs Evolution in EU: A panel data analysis. *Telecommunications Policy*, 45(10), 102218. DOI: 10.1016/j.telpol.2021.102218
2. Briglauer, W., Krämer, J., & Palan, N. (2024) Socioeconomic benefits of high-speed broadband availability and service adoption: A survey. *Telecommunications Policy*, 48(7), 102808. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2024.102808>
3. Corrado, C., & Ukhaneva, O. (2016) Hedonic prices for fixed broadband services. *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*. DOI: <https://doi.org/10.1787/5j1pl4sgc9hj-en>
4. Czajkowski, M., Zawadzki, W., Bernatek, G., & Sobolewski, M. (2024) Assessing the substitutability of mobile and fixed internet: The impact of 5G services on consumer valuation and price elasticity. *Telecommunications Policy*, 102869. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2024.102869>
5. De Clercq, M., D'Haese, M., & Buysse, J. (2023) Economic growth and broadband access: The European urban-rural digital divide. *Telecommunications Policy*, 47(6), 102579. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2023.102579>
6. Ikotun, A. M., Ezugwu, A. E., Abualigah, L., Abuhaija, B., & Heming, J. (2022) K-means clustering algorithms: A comprehensive review, variants analysis, and advances in the era of big data. *Information Sciences*, 622, 178–210. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2022.11.139>
7. Jajić, I., Bach, M. P., & Herceg, T. (2025) The COVID-19 Influence on the European Countries' E-commerce: Case of Online Consumer Electronics across Generations X and Y Using Fuzzy C-means Cluster. *Procedia Computer Science*, 256, 206–213. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.02.113>
8. Leogrande, A., Magaletti, N., Cosoli, G., & Massaro, A. (2022) Broadband price index in Europe. *SSRN Electronic Journal*. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.4038261>
9. Lindlacher, V. (2021) Low demand despite broad supply: Is high-speed Internet an infrastructure of general interest? *Information Economics and Policy*, 56, 100924. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2021.100924>
10. Pakgohar, N., Lengyel, A., & Botta-Dukát, Z. (2024) Quantitative evaluation of internal cluster validation indices using binary data sets. *Journal of Vegetation Science*, 35(5). DOI: <https://doi.org/10.1111/jvs.13310>
11. Pápai, Z., McLean, A., & Bukur, T. (2024) "Hedonic Broadband Prices Amid High Inflation and Market Consolidation: A Hungarian Case Study," 24th ITS Biennial Conference, Seoul 2024. New bottles for new wine: digital transformation demands new policies and strategies 302499, *International Telecommunications Society (ITS)*.
12. Sinclair, A. (2023). Assessing the benefits of high-speed broadband: Lessons from Australia's National Broadband Network (NBN). *Information Economics and Policy*, 65, 101062. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2023.101062>

CLUSTER MAPPING OF FIXED BROADBAND INTERNET PRICES IN EUROPE WITH A FOCUS ON AFFORDABILITY

ABSTRACT

Using Eurostat data for two reference years (2019 and 2023), the paper on fixed broadband internet pricing in Europe has been conducted using k-means cluster analysis, with validity indicators applied for both years of observation. The results of the k-means cluster analysis demonstrate a significant decline in average prices over time as well as an ongoing division within Europe into two clusters of price: the cheaper cluster and the more premium cluster. Furthermore, the mean centroid of both clusters has declined over the two reporting periods, indicating that the overall trend of pricing has been downward. The Republic of Croatia has seen a decline in pricing but continues to fall within the more expensive cluster of the overall European fixed-broadband market. Croatia is also maintaining a similar relative ranking within the market. The contributions of this paper are a cluster-mapping structure of fixed-internet affordability in a way that countries can use to compare themselves with other countries and examine the relative position of all countries against one another over time.

KEY WORDS: affordability, Internet, PPP, k-means