

# Ekonometrijsko modeliranje i prognoziranje turističke potražnje Općine Pirovac

---

**Suić Puente, Angelina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Tourism and Hospitality Management / Sveučilište u Rijeci, Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:191:779532>

*Rights / Prava:* [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-28**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Tourism and Hospitality Management - Repository of students works of the Faculty of Tourism and Hospitality Management](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu**  
**Sveučilišni diplomski studij**

**ANGELINA SUIĆ PUENTE**

**Ekonometrijsko modeliranje i prognoziranje turističke potražnje**  
**Općine Pirovac**

**Econometric modelling and forecasting of tourism demand in the**  
**Municipality of Pirovac**

Diplomski rad

Opatija, 2024.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu**  
**Sveučilišni diplomski studij**  
**Studij održivi razvoj turizma**

**Ekonometrijsko modeliranje i prognoziranje turističke potražnje**  
**Općine Pirovac**

**Econometric modelling and forecasting of tourism demand in the**  
**Municipality of Pirovac**

Diplomski rad

Kolegij: **Ekonometrija**

Student: **Angelina SUIĆ PUENTE**

Mentor: Prof. dr. sc. **Tea BALDIGARA**

Matični broj: **4068/23**

Komentor: Doc. dr. sc. **Jelena MUŠANOVIĆ**

Opatija, srpanj 2024.



## IZJAVA O AUTORSTVU RADA I O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG DIPLOMSKOG RADA

---

**Angelina Suić Puente**  
(ime i prezime studenta)

---

**4068/23**  
(matični broj studenta)

---

**Ekonometrijsko modeliranje i prognoziranje turističke potražnje Općine Pirovac**  
(naslov rada)

---

Izjavljujem da sam ovaj rad samostalno izradila/o, te da su svi dijelovi rada, nalazi ili ideje koje su u radu citirane ili se temelje na drugim izvorima, bilo da su u pitanju knjige, znanstveni ili stručni članci, Internet stranice, zakoni i sl. u radu jasno označeni kao takvi, te navedeni u popisu literature.

Izjavljujem da kao student–autor diplomskog rada, dozvoljavam Fakultetu za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Fakulteta za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu Sveučilišta u Rijeci.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa diplomskim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Fakulteta za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu Sveučilišta u Rijeci, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog mog diplomskog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>.

U Opatiji, \_\_\_\_\_ srpanj 2024. \_\_\_\_\_

*Angelina Suić Puente*

---

Potpis studenta

## Sažetak

Cilj diplomskog rada je modeliranje i prognoziranje kretanja broja dolazaka turista u Općini Pirovac korištenjem kvantitativnih modela prognoziranja, odnosno modela temeljenih na analizi vremenske serije, ali i kauzalnih modela. Svrha istraživanja je odabrati efikasne prognostičke modele, kako bi se utvrdili čimbenici koji djeluju na kretanje broja dolazaka turista te kako bi se osigurala pouzdanost prognoziranih vrijednosti, kao temelja za razvoj turističke destinacije Općine Pirovac.

Analizirani su mjesečni podaci o broju dolazaka turista u razdoblju od 2016. do 2022. godine. Zbog velikih odstupanja u broju dolazaka turista 2020. godine, uzrokovanih pojavom COVID-19 virusa, promatrano vremensko razdoblje podijeljeno je na dva podrazdoblja. U modeliranju i prognoziranju broja dolazaka turista korišteni su modeli temeljeni na analizi vremenske serije i to sezonski naivni modeli (I, II, IIa), Holt-Wintersov multiplikativni model te sezonski multiplikativni model eksponencijalnog trenda. Korištenjem navedenih modela pristupilo se modeliranju podataka prvoga vremenskog podrazdoblja, koje obuhvaća razdoblje prije pojave globalne pandemije COVID-19 virusa, odnosno razdoblje od siječnja 2016. godine do prosinca 2019. godine. Potom su modelirani podaci drugoga vremenskoga podrazdoblja, od siječnja 2020. do prosinca 2022. godine, te je temeljem modeliranih vrijednosti izvršeno prognoziranje kretanja broja dolazaka turista za 2023. godinu. Nakon prognoziranja izvršena je usporedba prognostičke učinkovitosti korištenih modela upotrebom mjera prognostičke efikasnosti i to srednje apsolutne pogreške, prosječne apsolutne postotne pogreške, srednjekvadratne prognostičke pogreške te korijena srednjekvadratne prognostičke pogreške. Rezultati su pokazali kako su, za prvo vremensko podrazdoblje, sezonski naivni model I i sezonski multiplikativni model eksponencijalnog trenda zadovoljavajući, dok su presotali korišteni modeli nepouzdan u prognoziranju promatrane pojave. Rezultati prognostičkih pogrešaka, drugoga vremenskoga podrazdoblja ukazuju da su sezonski naivni model I, sezonski naivni model II te sezonski multiplikativni model eksponencijalnog trenda zadovoljavajući, dok sezonski naivni model IIa i Holt-Wintersov multiplikativni model nisu polučili pouzdane prognoze.

Ključne riječi: *modeliranje; prognoziranje; modeli analize vremenskih serija; mjere prognostičke efikasnosti, turistička potražnja; broj dolazaka turista*

# Sadržaj

|   |           |
|---|-----------|
| Uvod.....   | 1         |
| <b>1. OSNOVNO POIMANJE VREMENSKIH SERIJA .....</b>  | <b>2</b>  |
| 1.1. Vrste vremenskih serija i deskriptivne metode analize .....  | 3         |
| 1.2. Dekompozicija vremenskih serija .....  | 4         |
| <b>2. MODELI ANALIZE VREMENSKIH SERIJA .....</b>  | <b>8</b>  |
| 2.1. Sezonski naivni modeli .....   | 8         |
| 2.2. Holt–Wintersov multiplikativni model .....   | 10        |
| 2.3. Sezonski multiplikativni model eksponencijalnog trenda .....   | 13        |
| <b>3. EVALUACIJA KORIŠTENIH MODELA PROGNOZIRANJA.....</b>   | <b>15</b> |
| <b>4. MODELIRANJE I PROGNOZIRANJE TURISTIČKE POTRAŽNJE OPĆINE PIROVAC .....</b>   | <b>19</b> |
| 4.1. Deskriptivna analiza vremenske serije broja dolazaka turista.....  | 20        |
| 4.1.1. <i>Desezoniranje turističke potražnje u razdoblju prije pojave globalne pandemije .....</i>                      | <i>21</i> |
| 4.1.2. <i>Desezoniranje turističke potražnje u razdoblju nakon pojave globalne pandemije .....</i>                      | <i>24</i> |
| 4.2. Modeliranje i prognoziranje turističke potražnje u razdoblju prije pojave globalne pandemije .....                 | 26        |
| 4.2.1. <i>Sezonski naivni modeli .....</i>  | <i>26</i> |
| 4.2.2. <i>Holt-Wintersov multiplikativni model .....</i>  | <i>29</i> |
| 4.2.3. <i>Sezonski multiplikativni model eksponencijalnog trenda .....</i>  | <i>33</i> |
| 4.3. Komparativna analiza efikasnosti korištenih modela prognoziranja u razdoblju prije pojave globalne pandemije ..... | 35        |
| 4.4. Modeliranje i prognoziranje turističke potražnje u razdoblju nakon pojave globalne pandemije .....                 | 37        |
| 4.4.1. <i>Sezonski naivni modeli .....</i>  | <i>38</i> |
| 4.4.2. <i>Holt-Wintersov multiplikativni model .....</i>  | <i>40</i> |
| 4.4.3. <i>Sezonski multiplikativni model eksponencijalnog trenda .....</i>  | <i>43</i> |
| 4.5. Komparativna analiza efikasnosti korištenih modela prognoziranja u razdoblju nakon pojave globalne pandemije ..... | 46        |
| <b>ZAKLJUČAK.....</b>   | <b>49</b> |
| <b>LITERATURA.....</b>  | <b>51</b> |
| <b>Popis ilustracija .....</b>  | <b>52</b> |

## Uvod

Turizam predstavlja najznačajniju gospodarsku aktivnost Općine Pirovac, stoga su kvalitetne analize podataka ključne u donošenju pravovaljanih poslovnih odluka. Predmet istraživanja diplomskog rada je ekonometrijsko modeliranje mjesečnoga broja dolazaka turista u Općinu Pirovac u razdoblju od 2016. do 2019. godine te modeliranje mjesečnog broja dolazaka turista u razdoblju od 2020. do 2022. godine, na temelju kojeg je izvršeno prognoziranje broja dolazaka turista za 2023. godinu. Za analizu podataka korišteni su sezonski naivni modeli, Holt-Wintersov multiplikativni model, te sezonski multiplikativni model eksponencijalnog trenda.

Glavni cilj istraživanja je razjasniti i analizirati spoznaje o kretanju broja dolazaka turista, te utvrditi pouzdanost primjene odabranih modela na promatrane vremenske pojave, te konačno prognozirati mjesečna kretanja broja dolazaka turista u 2023. godini. Pri izradi rada korištene su statistička metoda, ekonometrijska metoda, metoda modeliranja te komparativna metoda.

Diplomski rad se sastoji od uvodnog dijela, u kojem su navedeni predmet i cilj istraživanja, teorijskog dijela koji obuhvaća tri poglavlja, empirijskog dijela rada, te je na samom kraju rada dan zaključak. U prvom poglavlju objašnjeni su osnovni pojmovi vremenskih serija, odnosno navedena je definicija pojma vremenska serija, nabrojane su vrste vremenskih serija te su objašnjene deskriptivne metode kao i dekompozicija vremenskih serija. U drugom poglavlju detaljnije su objašnjeni temeljni koncepti sezonskoga naivnog modela I, sezonskoga naivnoga modela II, sezonskoga naivnoga modela IIa, Holt-Wintersov multiplikativni model i sezonski multiplikativni model eksponencijalnog trenda. U trećem poglavlju definirane su mjere prognostičke efikasnosti, srednja apsolutna pogreška, prosječna apsolutna postotna pogreška, srednjekvadratna prognostička pogreška i korijen srednjekvadratne prognostičke pogreške, a koje su korištene za evaluaciju dobivenih rezultata istraživanja. Četvrto poglavlje predstavlja empirijski dio rada, te su u njemu dani rezultati istraživanja. Ponajprije je prikazana deskriptivna analiza broja dolazaka turista u Općini Pirovac u razdoblju od siječnja 2016. do prosinca 2022. godine. Zatim su modelirani mjesečni podaci broja dolazaka turista prvog vremenskog niza u razdoblju od 2016. do 2019. godine, te je prikazana komparativna analiza efikasnosti korištenih modela prognoziranja. Nadalje, su modelirani mjesečni podaci drugog vremenskog niza, u razdoblju od 2020. do 2022., nakon čega su prognozirane vrijednosti broja dolazaka turista za 2023. godinu, te su prikazani rezultati mjera prognostičke efikasnosti korištenih modela. Na samom kraju rada, iza zaključnog dijela, dana je korištena literatura te popis ilustracija.

# 1. OSNOVNO POIMANJE VREMENSKIH SERIJA

U ekonometrijskoj analizi modeliraju se povijesni podaci promatrane pojave u svrhu prognoziranja budućih razina pojave. Podaci prikupljeni kroz promatrano vrijeme nazivaju se vremenski niz, odnosno vremenska serija.

Vremenski niz, odnosno vremenka serija, definira se kao skup kronološki uređenih vrijednosti varijable koja predočuje pojavu ili statistički proces u vremenu.<sup>1</sup> Determinante vremenske serije nazivaju se članovima serije, a obično odgovaraju jednakim vremenskim intervalima. Broj članova serije predstavlja duljinu vremenske serije.

Opći stohastički model kojim se opisuje procesiranje podataka vremenske serije za varijablu  $Y$  dan je izrazom:

$$Y_t = f(t) + u_t \tag{1}$$

gdje je:

$f(t)$  – deterministički dio koji predstavlja sustavni dio serije

$u_t$  – slučajna varijabla koja predstavlja stohastički dio serije, a ponaša se prema određenom zakonu vjerojatnosti.

Slučajna varijabla,  $u_t$ , predstavlja skup varijabli neznčajnih vrijednosti koje nije moguće ili se ne želi analizirati, te se iz tog razloga rezidualne vrijednosti od  $Y_t$  koje nisu objašnjene determinističkim dijelom,  $f(t)$ , nazivaju slučajnim pogreškama. Kod klasičnog pristupa analizi vremenskih serija pažnja je usmjerena na determinističku komponentu vremenske serije,  $f(t)$ , a slučajna varijabla,  $u_t$ , se zanemaruje. Dok se kod modernog pristupa pozornost pridodaje stohastičkoj komponenti modela,  $u_t$ , jer se pretpostavlja da je deterministički dio,  $f(t)$ , već procijenjen.

Glavni ciljevi analize vremenske serije su opisivanje razvoja promatrane pojave kroz određeno vremensko razdoblje, objašnjavanje mehanizama koji generiraju pojavu, objašnjavanje odnosa među varijablama, te predviđanje budućeg kretanja promatrane pojave na temelju prošlih vrijednosti varijabli.

---

<sup>1</sup> Baldigara, T.: Autorizirana predavanja iz kolegija Ekonometrija, Sveučilište u Rijeci, Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu, Opatija, 2023.; str. 108.



## 1.1. Vrste vremenskih serija i deskriptivne metode analize

S obzirom na područje nastajanja, vremenske serije dijele se na ekonomske, fizičke, demografske, vremenske serije koje nastaju kontrolom procesa, kontrolom binarnih procesa te kontrolom procesa u određenoj točki. Vremenske serije mogu biti determinističke ili stohastičke. U determinističkim vremenskim serijama vrijednosti članova se mogu točno predvidjeti, dok kod stohastičkih vrijednosti se mogu samo procijeniti. Kad je riječ o obilježju razlikuju se opisne vremenske serije, redosljedne vremenske serije i numeričke vremenske serije. Vremenske serije dijele se, s obzirom na vrijeme nastanka pojave, na intervalne, gdje se vrijednosti pojave mjere u vremenskom intervalu, te na trenutačne, gdje se vrijednosti pojave mjere u trenutku vremena. U slučaju nejednakih vremenskih razdoblja, vrijednosti  $Y_t$  se moraju korigirati, dok se kod tenutačnih vremenskih serija ne korigiraju niti zbrajaju. Ukoliko su vrijednosti promatrane pojave intervalne, tada je riječ o kontinuiranoj vremenskoj seriji, a ukoliko je vrijednost pojave konačan broj tada se radi o diskretnoj vremenskoj seriji. Vremenske serije dijele se, s obzirom na obilježje, na opisne, redosljedne i numeričke. Razlikuju se stacionarne i nestacionarne vremenske serije. Kod stacionarnih je kretanje pojave predvidivo kroz vrijeme, dok kod nestacionarnih obrasci pojavljivanja pojave bilježe značajnija odstupanja. Ukoliko se u vremenskoj seriji opaža jedna pojava tada je ona univarijatna, a ukoliko se opažaju više od jedne pojave tada je multivarijatna.

Analiziranje vremenske serije započinje opisivanjem vremenske serije te pojašnjavanjem kretanja vremenske serije. Jedan od načina opisivanja kretanja vremenske serije je grafički prikaz, gdje se u koordinatnom sustavu na apscisi prikazuje vrijeme, a na ordinati vrijednosti pojave. Grafičkim prikazom dobiva se vizualni uvid u kretanje vremenske serije te se može zaključiti ima li trend rasta ili pada, sezonski karakter i slično.

Kako bi se sagledala empirijska raspodjela promatrane vremenske serije, koriste se sumarni pokazatelji. Ako se empirijska vremenska raspodjela ne može aproksimirati normalnom raspodjelom, potrebno je utvrditi razloge odstupanja od normalnosti. Metode transformacije vremenske serije primjenjuju se kako bi se dobila vremenska serija sa simetričnom normalnom empirijskom raspodjelom te stabilanim nivoom i varijabilnošću. <sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Mladenović, Z; Nojković, A.: *Primenjena analiza vremenskih serija*, Beograd, Centar za izdavačku delatnost Ekonomskog fakulteta u Beograd, 2012; str. 25.

Metode izgladivanja prvenstveno služe za analizu temeljnih tendencija vremenske serije, ali imaju i značajnu primjenu u prognoziranju budućih vrijednosti. Metode izgladivanja polaze od tradicionalnoga shvaćanja da se vremenska serija može predstaviti kao zbir dugoročne komponente i kratkoročnih varijacija. Dugoročna komponenta odražava osnovni tijek serije, dok kratkoročne varijacije označavaju slučajne fluktuacije. Smisao primjene ovih metoda jest izdvajanje dugoročne tendencije u kretanju vremenske serije, što se postiže eliminacijom slučajnih varijacija.<sup>3</sup>

## 1.2. Dekompozicija vremenskih serija

Modeliranje vremenskih serija temelji se na raščlambi serije na komponente koje pokazuju specifične oblike kovarijacija pojave s vremenom. Klasična metoda dekompozicije vremenskih serija polazi od pretpostavke da na razvojnu komponentu vremenske serije određeni čimbenici utječu postojano u određenom pravcu, dok ostali čimbenici uzrokuju odstupanja od te osnovne putanje serije.<sup>4</sup> Vremenske serije se najčešće dekomponiraju na trend, sezonsku, cikličnu te slučajnu komponentu.

Komponenta trenda ukazuje na osnovni tijek razvoja promatrane pojave u vremenu. Trend kretanja vremenskih serija može biti rastući ili padajući, te linearni ili nelinearni. Izoliranje trend komponente važno je za predviđanje budućeg tijeka razvoja pojave.

Sezonska komponenta predstavlja periodična kretanja vremenske serije različitim vremenskim intervalima kroz razdoblje od jedne godine, a takvo kretanje se ponavlja kroz više godina u identičnom ili približno jednakom intenzitetu. Sezonska komponenta javlja se kod mjesečnih i tromjesečnih vremenskih serija, a one serije koje ju posjeduju nazivaju se sezonske vremenske serije. Sezonske komponente mogu se pojaviti zbog promjene potreba i navika potrošača tijekom kalendarske godine, obilježja komercijalnih djelatnosti, utjecaja prirodnih čimbenika unutar godine dana, na početku i na kraju školske godine te zbog društvenih, kulturnih i vjerskih običaja (npr. Božić, Valentinovo itd.).<sup>5</sup>

---

<sup>3</sup> Ibid, str. 29.

<sup>4</sup> Baldigara, T.: Autorizirana predavanja iz kolegija Ekonometrija, Sveučilište u Rijeci, Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu, Opatija, 2023., str. 111.

<sup>5</sup> Horvat, J; Mijoč, J.: Osnove statistike, Naklada Ljevak, Zagreb, 2012., str. 607.

Slučajna komponenta predstavlja sve nesustavne čimbenike koje nije moguće predvidjeti, a utječu na vremenske serije. Slučajna komponenta naziva se još i stohastička, iregularna te rezidualna komponenta.

Osnovni modeli vremenskih serija kojima se vrše analize su:

- aditivni model i
- multiplikativni model.

Aditivnim modelom analiziraju se vremenske serije koje imaju sezonsku komponentu ujednačene amplitude, a može se zapisati izrazom:

$$Y_t = T_t + S_t + C_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

gdje je:

$Y$  – vrijednost opažanja vremenske serije

$T$  – trend komponenta vremenske serije

$S$  – sezonska komponenta vremenske serije

$C$  – ciklična komponenta vremenske serije

$\varepsilon$  – slučajna komponenta vremenske serije

$t$  – vremensko razdoblje

Multiplikativnim modelom analiziraju se vremenske serije koje posjeduju neujednačene amplitude sezonske komponente koje bilježe proporcionalno povećanje ili smanjenje s vremenom. Multiplikativni model dan je izrazom:

$$Y_t = T_t \cdot S_t \cdot C_t \cdot \varepsilon_t \quad (3)$$

gdje je:

$Y$  – vrijednost opažanja vremenske serije

$T$  – trend komponenta vremenske serije

$S$  – sezonska komponenta vremenske serije

$C$  – ciklična komponenta vremenske serije

$\varepsilon$  – slučajna komponenta vremenske serije

$t$  – vremensko razdoblje

Multiplikativni model moguće je logaritmiranjem transformirati u aditivni model. Dobiveni model naziva se log - aditivni model, a njegov oblik dan je izrazom:

$$\log Y_t = \log T_t + \log S_t + \log C_t + \log \varepsilon_t \quad (4)$$

Klasična dekompozicija vremenske serije često se temelji na metodi odnosa prema pomičnim prosjecima. Metoda odnosa prema pomičnim prosjecima provodi se u nekoliko koraka. U prvom koraku izolira se trend komponenta, izračunom pomičnih prosjeka korištenjem izraza:

$$\hat{Y}_t = \frac{1}{M} \sum_{s=-m}^m Y_{t+s} \quad (5)$$

gdje je:

$Y$  – stvarna vrijednost

$\hat{Y}$  – prognozirana vrijednost

$t$  – vremensko razdoblje

$M$  – broj članova pomičnih prosjeka

Za mjesečne vremenske serije računaju se dvanaesteročlani pomični prosjeci, a za tromjesečne vremenske serije četveročlani pomični prosjeci. Nakon izračuna pomičnih prosjeka, iste je potrebno centrirati. Centrirani pomični prosjeci računaju se kao dvočlani pomični prosjeci prethodno dobivenih pomičnih prosjeka.

U drugom koraku izolira se sezonska komponenta vremenske serije, izračunom individualnih sezonskih učinaka, upotrebom izraza:

$$\tilde{I}_{St} = \frac{Y_t}{\hat{Y}_t} \quad (6)$$

gdje je:

$\tilde{I}_{St}$  – sezonska vrijednost

$Y_t$  – stvarna vrijednost

$\hat{Y}_t$  – vrijednost pomičnog prosjeka

Omjerom odgovarajućih vrijednosti serije i pripadajućih centriranih pomičnih prosjeka računaju se prve procjene sezonskih faktora, koji se potom normaliziraju množenjem procijenjenih sezonskih faktora s korektivnim faktorom. Množenjem sezonskih faktora sa sto računa se sezonski indeks, koji ukazuje na povećanje ili smanjenje promatrane pojave kroz promatrano vremensko razdoblje zbog sezonskih utjecaja.

U trećem koraku računaju se desezonirane vrijednosti vremenske serije tako da se stvarne vrijednosti vremenske serije podijele s pripadajućim normaliziranim sezonskim faktorom, prema izrazu:

$$Y_t^* = \frac{Y_t}{I_{St}} \quad (7)$$

gdje je:

$Y_t^*$  – desezonirana vrijednost

$Y_t$  – stvarna vrijednost

$I_{St}$  – sezonska vrijednost

S obzirom na to da je sezonska komponenta izolirana, dobivene desezonirane vrijednosti predstavljaju trend – cikličnu komponentu vremenske serije.

Uz pomoć dobivenih desezoniranih vrijednosti računaju se vrijednosti rezidualnih faktora dijeljenjem desezoniranih vrijednosti sa centriranim pomičnim prosjecima, prema sljedećem izrazu:

$$I_{Rt} = \frac{Y_t^*}{\hat{Y}_t} \quad (8)$$

gdje je:

$I_{Rt}$  – rezidualni faktor

$Y_t^*$  – desezonirana vrijednost

$\hat{Y}_t$  – vrijednost pomičnog prosjeka

Množenjem dobivenih rezidualnih faktora sa sto računaju se rezidualni indeksi, koji ukazuju koliko se promatrana pojava povećala ili smanjila u promatranom razdoblju zbog rezidualnih odstupanja.

## 2. MODELI ANALIZE VREMENSKIH SERIJA

Modeli statističke analize odnosno modeli analize vremenskih serija, uz kauzalne modele, pripadaju kvantitativnim metodama prognoziranja. Kvantitativne metode prognoziranja polaze od statističkih metoda koje neku pojavu predočuju jednadžbom ili skupom jednadžbi. Primjenjuju se na pojave za koje postoji baza podataka i za koje se može pretpostaviti konstantnost, tj. pretpostavka da će se kretanje iz prošlosti nastaviti u budućnosti.<sup>6</sup>

Među najčešće korištenim modelima analize vremenskih serija spominju se:

- naivni modeli
- modeli pomičnih prosjeka
- modeli eksponencijalnog izgladivanja te
- autoregresijski integrirani modeli pomičnih prosjeka.

U nastavku rada detaljnije se opisuju modeli koji se koriste u empirijskome dijelu rada u modeliranju i prognoziranju odabrane vremenske serije.

### 2.1. Sezonski naivni modeli

Naivni modeli predstavljaju spadaju među najjednostavnije modele analize vremenskih serija. Razlikuju se u sezonska naivna modela:

- sezonski naivni model I,
- sezonski naivni model II i
- sezonski naivni model IIa.

#### *Sezonski naivni model I*

Sezonski naivni model I pretpostavlja da se promatrana pojava kroz vrijeme ne mijenja, stoga su prognozirane vrijednosti jednake vrijednostima promatrane pojave u prethodnom razdoblju.

$$\hat{Y}_{t+1} = Y_t \tag{9}$$

gdje je:

$\hat{Y}$  – prognozirana vrijednost pojave

$Y$  – stvarna vrijednost pojave

$t$  – vremensko razdoblje

---

<sup>6</sup> Vrtiprah, V; Pavlič, I.; Menadžerska ekonomija u hotelijerstvu, Sveučilište u Dubrovniku, Dubrovnik, 2005; str. 89.

Za prognoziranje vrijednosti  $\tau$  razdoblja, odnosno razdoblja nakon posljednjeg razdoblja za koje su poznati podaci o stvarnim vrijednostima promatrane vremenske serije, koristi se izraz:

$$\hat{Y}_{t+\tau} = Y_t \tag{10}$$

gdje je:

$\hat{Y}$  – prognozirana vrijednost pojave

$Y$  – stvarna vrijednost pojave

$t$  – vremensko razdoblje

$\tau$  – broj razdoblja, nakon posljednjega, za koje se prognozira vrijednost pojave

Ovaj model naziva se još i model slučajne šetnje, iz razloga što se pretpostavlja da vremenska serija ne posjeduje sezonsku, trend ni cikličnu komponentu te da je vremenska serija slučajna.

#### *Sezonski naivni model II*

Sezonski naivni model II pogodan je za prognoziranje vrijednosti vremenskih serija linearnog trenda, a računa se uz pomoć izraza:

$$\hat{Y}_{t+1} = Y_t + (Y_t - Y_{t-1}) \tag{11}$$

gdje je:

$\hat{Y}$  – stvarna vrijednost pojave

$Y$  – prognozirana vrijednost pojave

$t$  – vremensko razdoblje

Prognoziranje  $\tau$  razdoblja nakon tekućega razdoblja računa se prema sljedećem izrazu:

$$\hat{Y}_{t+\tau} = Y_t + \tau \cdot (Y_t - Y_{t-1}) \tag{12}$$

gdje je:

$\hat{Y}$  – prognozirana vrijednost pojave

$Y$  – stvarna vrijednost pojave

$t$  – vremensko razdoblje

$\tau$  – broj razdoblja, nakon posljednjega, za koje se prognozira vrijednost pojave

### Sezonski naivni model IIa

Prema sezonskom naivnom modelu IIa prognozirana vrijednost računa se kao umnožak tekuće vrijednosti promatrane pojave i stope rasta između vrijednosti tekućeg razdoblja i vrijednosti prošloga razdoblja, prema izrazu:

$$\hat{Y}_{t+1} = Y_t \cdot \frac{Y_t}{Y_{t-1}} \quad (13)$$

gdje je:

$\hat{Y}$  – prognozirana vrijednost pojave

$Y$  – stvarna vrijednost pojave

$t$  – vremensko razdoblje

Prognoziranje vrijednosti za  $\tau$  razdoblje nakon posljednje tekuće vrijednosti u vremenskoj seriji računa se putem sljedećeg izraza:

$$\hat{Y}_{t+\tau} = Y_t \cdot \left(\frac{Y_t}{Y_{t-1}}\right)^\tau \quad (14)$$

gdje je:

$\hat{Y}$  – prognozirana vrijednost pojave

$Y$  – stvarna vrijednost pojave

$t$  – vremensko razdoblje

$\tau$  – broj razdoblja, nakon posljednjega, za koje se prognozira vrijednost pojave

Sezonski naivni model IIa naziva se još i modelom *status quo* stope, jer se vrijednosti vremenske serije modeliraju pod pretpostavkom da se stopa promjene ne mijenja kroz promatrana razdoblja.

## 2.2. Holt–Wintersov multiplikativni model

Holt–Wintersov multiplikativni model, odnosno Holt–Wintersov model trostrukog eksponencijalnog izgladivanja, pogodan je za analiziranje i prognoziranje vremenskih serija koje posjeduju sezonsku i trend komponentu. Njime se vrši izgladivanje razine pojave, izgladivanje trend komponente i izgladivanje sezonske komponente uz pomoć konstanta izgladivanja  $\alpha, \beta$  i  $\gamma$ .



Početna razina pojave računa se prema izrazu:

$$L_t = \frac{Y_t}{I_{St-m}} \quad (15)$$

gdje je:

$L$  – vrijednost razine pojave

$Y$  – stvarna vrijednost pojave

$t$  – vremensko razdoblje

$I$  – sezonska vrijednost pojave

$m$  – broj sezonskih razdoblja unutar jedne godine

Procjena razine promatrane pojave se računa korištenjem izraza:

$$L_t = \alpha \cdot \frac{Y_t}{S_{t-m}} + (1 - \alpha) \cdot (L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (16)$$

gdje je:

$L$  – vrijednost razine pojave

$Y$  – stvarna vrijednost pojave

$\alpha$  – konstanta izgladivanja razine

$S$  – procjena sezonskog utjecaja

$T$  – trend vrijednost pojave

$m$  – broj sezonskih razdoblja unutar jedne godine

$t$  – vremensko razdoblje

Početna vrijednost trenda računa se korištenjem izraza:

$$T_t = L_t - \frac{Y_{t-1}}{I_{St-1}} \quad (17)$$

gdje je:

$T$  – trend vrijednost pojave

$L$  – vrijednost razine pojave

$Y$  – stvarna vrijednost pojave

$I$  – sezonska vrijednost pojave

$t$  – vremensko razdoblje

Preostale vrijednosti trenda računaju se korištenjem izraza:

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (18)$$

gdje je:

$T$  – trend vrijednost pojave

$L$  – vrijednost razine pojave

$\beta$  – konstanta izgladivanja trend komponente

$t$  – vremensko razdoblje

Početna vrijednost za procjenu sezonske komponente računa se putem izraza:

$$I_{st} = \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m Y_t \quad (19)$$

gdje je:

$I$  – procjena sezonskog utjecaja

$Y$  – stvarna vrijednost pojave

$t$  – vremensko razdoblje

$m$  – broj sezonskih razdoblja unutar jedne godine

Preostale vrijednosti sezonske komponente računaju se prema sljedećem izrazu:

$$S_t = \gamma \cdot \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma) \cdot S_{t-m} \quad (20)$$

gdje je:

$S$  – vrijednost sezonske komponente

$Y$  – stvarna vrijednost pojave

$\gamma$  – konstanta izgladivanja sezonske komponente

$t$  – vremensko razdoblje

$m$  – broj sezonskih razdoblja unutar jedne godine

Nakon izgladivanja razine pojave, trend i sezonske komponente vrši se prognoziranje promatrane pojave za prvo razdoblje nakon tekućeg prema sljedećem izrazu:

$$\hat{Y}_{t+1} = (L_t + T_t)S_{t-m+1} \quad (21)$$

gdje je:

$\hat{Y}$  – prognozirana vrijednost pojave

$L$  – vrijednost razine pojave

$T$  – trend vrijednost pojave

$S$  – vrijednost sezonske komponente

$t$  – vremensko razdoblje

$m$  – broj sezonskih razdoblja unutar jedne godine

Dok se za prognoziranu vrijednost za  $h$  razdoblje nakon tekućeg koristi izraz:

$$\hat{Y}_{t+h} = (L_t + hT_t)S_{t-m+h} \quad (22)$$

gdje je:

$\hat{Y}$  – prognozirana vrijednost pojave

$L$  – vrijednost razine pojave

$T$  – trend vrijednost pojave

$S$  – vrijednost sezonske komponente

$t$  – vremensko razdoblje

$m$  – broj sezonskih razdoblja unutar jedne godine

$h$  – broj razdoblja, nakon posljednjega, za koje se prognozira vrijednost pojave

Pri korištenju Holt-Wintersovog multiplikativnog modela odabir konstanti izgladivanja je od ključne važnosti, jer se neadekvatnim odabirom konstanti izgladivanja najčešće dolazi do značajnih odstupanja u rezultatima promatrane pojave.

### 2.3. Sezonski multiplikativni model eksponencijalnog trenda

Model eksponencijalnog trenda pogodan je za modeliranje i prognoziranje vremenskih serija koje karakterizira gotovo isti relativni rast ili pad kroz vremensko razdoblje. Model eksponencijalnog trenda prikazuje se izrazom:

$$Y_t = \beta_0 \cdot \beta_1^{x_t} \cdot \varepsilon_t \quad (23)$$

gdje je:

$Y$  – stvarne vrijednosti pojave

$x$  – vrijeme

$t$  – vremensko razdoblje

$\varepsilon$  – slučajno odstupanje

Pri modeliranju vrijednosti eksponencijalnog trenda najčešće se koristi metoda najmanjih kvadrata, (*Ordinary Least Squares - OLS*) metoda. Kako bi se metoda mogla primijeniti polazni model potrebno je linearizirati logaritamskom transformacijom u oblik:

$$\ln Y_t = \ln \beta_0 + \ln \beta_1 \cdot X_t \quad (24)$$

gdje je:

$Y$  – stvarne vrijednosti pojave

$x$  – vrijeme

$t$  – vremensko razdoblje

Uz pomoć procijenjene vrijednosti regresijskoga parametra  $\hat{\beta}'_1$  polaznoga modela eksponencijalnog trenda moguće je izračunati prosječnu stopu promjene, koja pokazuje prosječni postotni postotak rasta ili pada promatrane pojave kroz vremensko razdoblje. Stopa promjene računa se korištenjem izraza:

$$\bar{s} = (\hat{\beta}'_1 - 1) \cdot 100 \quad (25)$$

Kako bi se dobila sezonski prilagođena vremenska serija, potrebno je ukloniti sezonske komponente uvođenjem *dummy* varijabli. Ukoliko model sadrži konstantni član  $\beta_0$ , u vremenskom nizu s mjesečnim podacima, sadržavati će 11 *dummy* varijabli:

$$Y_t = \beta_0 \cdot \beta_1^{X_t} \cdot \gamma_1^{D_1} \cdot \gamma_2^{D_2} \cdot \gamma_3^{D_3} \cdot \gamma_4^{D_4} \cdot \gamma_5^{D_5} \cdot \gamma_6^{D_6} \cdot \gamma_7^{D_7} \cdot \gamma_8^{D_8} \cdot \gamma_9^{D_9} \cdot \gamma_{10}^{D_{10}} \cdot \gamma_{11}^{D_{11}} \cdot \mu_i \quad (26)$$

gdje je:

$Y$  – stvarne vrijednosti pojave

$x$  – vrijeme

$t$  – vremensko razdoblje

$$D_i = \begin{cases} 1 & \text{za } i - \text{ti mjesec} \\ 0 & \text{za ostale mjesece} \end{cases} \quad i = 1, 2 \dots 11$$

a ukoliko model ne sadrži konstantni član, tada će imati 12 *dummy* varijabli:

$$Y_t = \beta_1^{X_1} \cdot \gamma_1^{D_1} \cdot \gamma_2^{D_2} \cdot \gamma_3^{D_3} \cdot \gamma_4^{D_4} \cdot \gamma_5^{D_5} \cdot \gamma_6^{D_6} \cdot \gamma_7^{D_7} \cdot \gamma_8^{D_8} \cdot \gamma_9^{D_9} \cdot \gamma_{10}^{D_{10}} \cdot \gamma_{11}^{D_{11}} \cdot \gamma_{12}^{D_{12}} \cdot \mu_i \quad (27)$$

gdje je:

$$D_i = \begin{cases} 1 & \text{za } i - \text{ti mjesec} \\ 0 & \text{za ostale mjesece} \end{cases} \quad i = 1, 2 \dots 12$$

U prikazanom izrazu, s obzirom da model ne sadrži konstantni član, broj *dummy* varijabli jednak je broju jediničnih intervala, dok model prikazan izrazom (26) sadrži konstantni član te je tada broj *dummy* varijabli za jedan manji od ukupnog broja jediničnih intervala, pritom je potrebno odrediti bazno razdoblje.

### 3. EVALUACIJA KORIŠTENIH MODELA PROGNOZIRANJA

Jedna od temeljnih osobina prognostičkih modela jest postojanje prognostičke pogreške. Neki od čimbenika koji djeluju na prisutnost prognostičke pogreške su izostavljanje nezavisnih varijabli, postojanje nepredvidivih eksternih šokova, odabir pogrešnoga oblika funkcije modela, pogreške prilikom prikupljanja podataka, kao i mnogi drugi čimbenici koji umanjuju prognostičku efikasnost odabranih modela. Stoga je, nakon primjene prognostičkih modela, rezultate prognoziranja potrebno evaluirati i analizirati, a sa svrhom ispitivanja prognostičke pouzdanosti. Prognostička pouzdanost temelji se na analizi razlika između stvarnih vrijednosti pojave i prognoziranih vrijednosti. Navedena se razlika naziva prognostička pogreška i dana je izrazom:

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t \quad (28)$$

gdje je:

$e$  – prognostička pogreška

$Y$  – stvarna vrijednost pojave

$\hat{Y}$  – prognozirana vrijednost pojave

$t$  – vremensko razdoblje

Standardna devijacija prognostičke pogreške računa se korištenjem izraza:

$$se(e_f) = se(Y_f - \hat{Y}_f) = se \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(X_f - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}} \quad (29)$$

Iz izraza (29) proizlazi da će prognostička pogreška biti manja što je manja procijenjena standardna devijacija regresije isto je vrijednost  $X_f$  bliže prosječnoj vrijednosti nezavisne varijable.<sup>7</sup>

Iako postoje brojne mjere prognostičke efikasnosti, u sljedećim potpoglavljima opisane su srednja apsolutna pogreška, prosječna apsolutna postotna pogreška, srednjekvadratna prognostička pogreška te korijen srednjekvadratne pogreške. Navedene mjere će se koristiti za evaluaciju rezultata u empirijskom dijelu rada.

#### *Srednja apsolutna pogreška*

Srednja apsolutna pogreška – MAE (*Mean Absolute Error*) izražena je u mjernim jedinicama promatrane pojave, te stoga nije prikladna za usporedbu rezultata prognoziranja pojava izraženih u različitim mjernim jedinicama. Računa se izrazom:

$$MAE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T |Y_t - \hat{Y}_t| \quad (30)$$

gdje je:

$MAE$  – srednje apsolutno odstupanje

$Y$  – stvarna vrijednost pojave

$\hat{Y}$  – prognozirana vrijednost pojave

$T$  – ukupan broj opažanja

$t$  – vremensko razdoblje

#### *Prosječna apsolutna postotna pogreška*

Prosječna apsolutna pogreška – MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) koristi se kao mjera pouzdanosti prognoze izražena je u postotku. Ako MAPE iznosi manje od 10 %, prognoza je tada visoko pouzdana. Ako iznosi između 11 % i 20 %, prognoza je dobra. Ako iznosi između 21 % i 50 % prognoza je zadovoljavajuća. Ako je veća od 51 %, model se smatra nepouzdanim. MAPE se računa izrazom:

---

<sup>7</sup> Baldigara, T.: Autorizirana predavanja iz kolegija Ekonometrija, Sveučilište u Rijeci, Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu, Opatija, 2023; str. 128.

$$MAPE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{\hat{Y}_t} \quad (31)$$

gdje je:

$MAPE$  – prosječno apsolutno postotno odstupanje

$Y$  – stvarna vrijednost pojave

$\hat{Y}$  – prognozirana vrijednost pojave

$T$  – ukupan broj opažanja

$t$  – vremensko razdoblje

*Srednjekvadratna prognostička pogreška i korijen srednjekvadratne pogreške*

Srednjekvadratna prognostička pogreška -  $MSE$  (*Mean Square Error*) predstavlja kvadrate odstupanja stvarnih vrijednosti od prognoziranih vrijednosti pojave. Izražena je u mjernim jedinicama zavisne varijable promatrane pojave, ali su vrijednosti kvadrirane.  $MSE$  računa se prema sljedećem izrazu:

$$MSE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (Y_t - \hat{Y}_t)^2 \quad (32)$$

gdje je:

$MSE$  – sredina kvadratne pogreške

$Y$  – stvarna vrijednost pojave

$\hat{Y}$  – prognozirana vrijednost pojave

$T$  – ukupan broj opažanja

$t$  – vremensko razdoblje

Korijen srednjekvadratne pogreške –  $RMSE$  (*Root Mean Square Error*) je mjera izvedena iz srednje kvadratne pogreške, a računa se kao kvadratni korijen srednje kvadratne pogreške:

$$RMSE = \sqrt{MSE} \quad (33)$$

gdje je:

$MSE$  – sredina kvadratne pogreške

$RMSE$  – korijen sredine kvadratne pogreške

Korijen srednjekvadratne pogreške moguće je prikazati i kao koeficijent varijacije korištenjem izraza:

$$V = \frac{RMSE}{\bar{Y}} \cdot 100$$

(34)

gdje je:

$V$  – koeficijent varijacije

$RMSE$  – korijen srednjekvadratne pogreške

$\bar{Y}$  – jednostavna aritmetička sredina stvarnih vrijednosti promatrane pojave

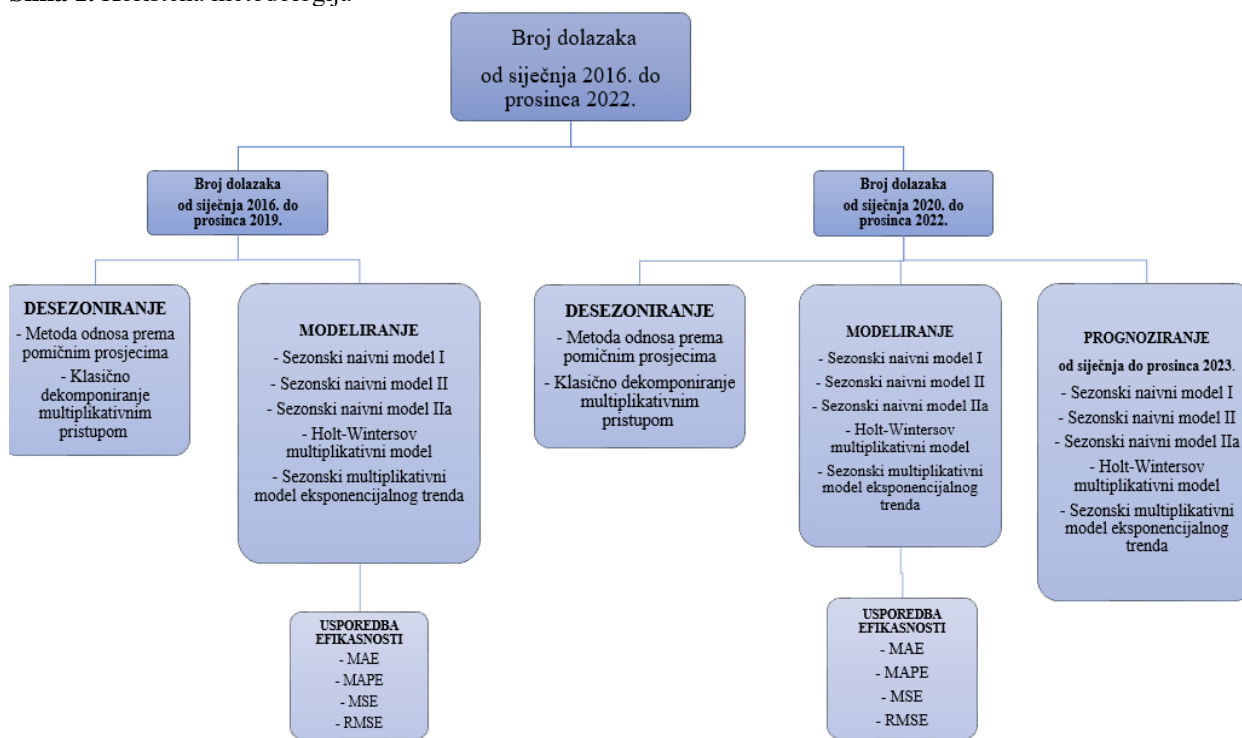
S obzirom da su prognostičke vrijednosti uvećane kvadriranjem, a time imaju i veći utjecaj na prosječnu vrijednost, mjere srednje kvadrirane prognostičke pogreške i korijen srednjekvadratne pogreške ističu se kao bolji pokazatelji pogreške u istraživanjima.



## 4. MODELIRANJE I PROGNOZIRANJE TURISTIČKE POTRAŽNJE OPĆINE PIROVAC

Promatrano razdoblje, zbog velikih odstupanja u broju dolazaka turista uzrokovanim pojavom COVID-19 virusa u 2020. godini, podijeljeno je u dva podrazdoblja. U svrhu efikasnijeg modeliranja i prognoziranja podataka te smanjenja prognostičkih pogrešaka korištenih modela, prvo podrazdoblje obuhvaća podatke o broju dolazaka od siječnja 2016. do prosinca 2019., dok drugo podrazdoblje obuhvaća podatke o broju dolazaka od siječnja 2020. do prosinca 2022. godine. Sa svrhom daljnjega modeliranja i prognoziranja, u prvom koraku analize izvršeno je desezoniranje vremenskih serija. Nakon desezoniranja pristupilo se modeliranju mjesečnih podataka broja dolazaka u razdoblju od 2016. do 2019. godine, kao i od 2020. do 2022., te je izvršeno prognoziranje mjesečnog broja dolazaka turista za 2023. godinu. U svrhu usporedbe efikasnosti odabranih modela izračunate su mjere prognostičke efikasnosti korištenih modela. U radu su korišteni *Gretl* i *MS Excel* kao računalna podrška. Pregled korištenih modela dan je na slici 1.

Slika 1. Korištena metodologija

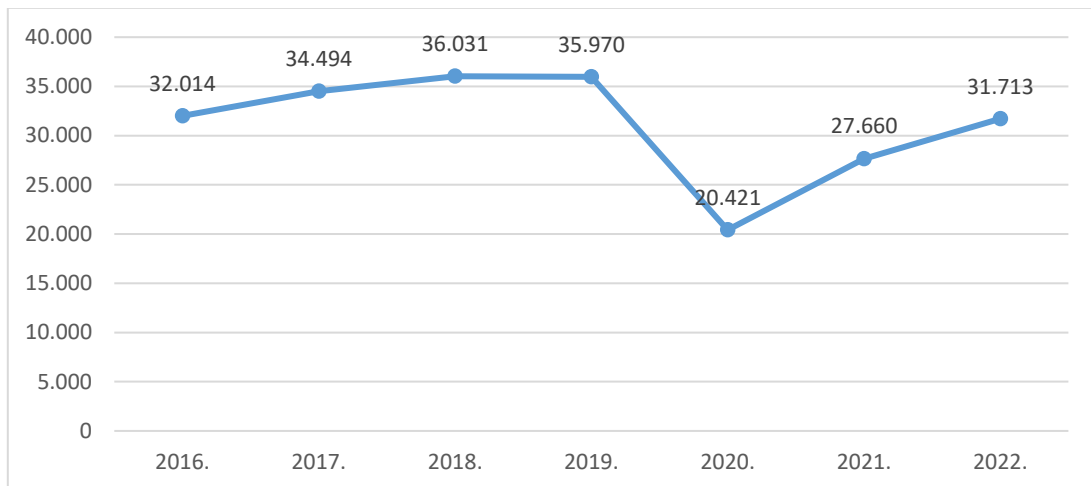


Izvor: Izrada autora

Prije modeliranja i prognoziranja broja dolazaka turista u Općini Pirovac, izvršena je statističko-deskriptivna analiza turističke potražnje kao i njezina dekompozicija sa svrhom odabira adekvatnih modela.

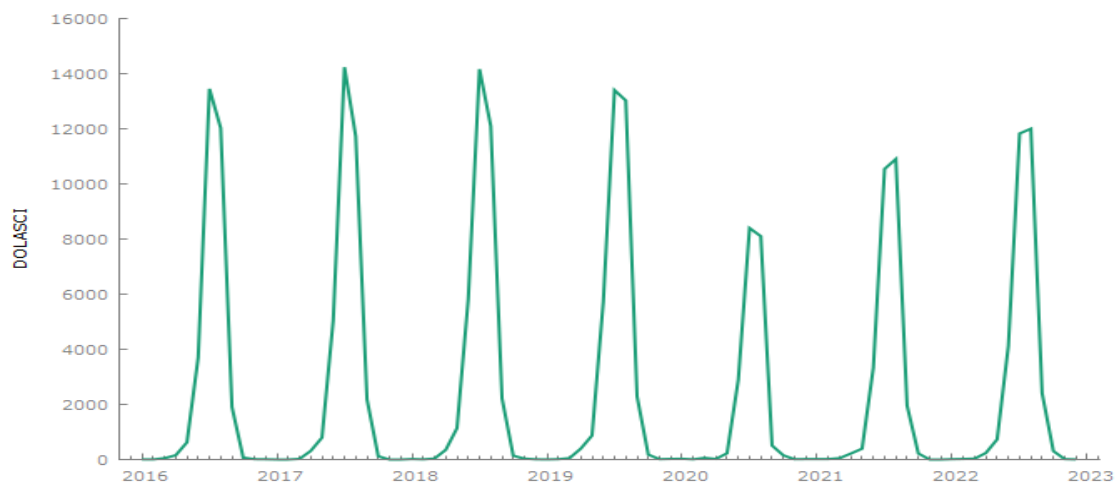
## 4.1. Deskriptivna analiza vremenske serije broja dolazaka turista

U analizi broja dolazaka turista korišteni su sekundarni podaci prikupljeni od strane Turističke zajednice Općine Pirovac putem platforme *eVisitor*. Podaci o broju dolazaka turista u Općinu Pirovac su mjesečni i odnose na razdoblje od 2016. do 2022. godine. Kretanje broja dolazaka također je analizirano u godišnjim frekvencijama.



**Grafikon 1.** Ukupan broj dolazaka turista u Općinu Pirovac u promatranom razdoblju  
Izvor: izrada autora

Iz grafikona 1 vidljivo je da je broj dolazaka turista u Općini Pirovac od prve promatrane godine u porastu, pri čemu se 2018. godine bilježi najveći broj dolazaka turista u promatranom razdoblju. Nakon toga slijedi blagi pad 2019. godine, dok 2020. godine bilježi značajan pad broja turista uzrokovan globalnom pandemijom COVID-19 virusa. U posljednje dvije godine promatranog razdoblja bilježi se oporavak, odnosno ponovni rast broja dolazaka turista. Turistička potražnja u Općini Pirovac izrazito je sezonskog karaktera, što je vidljivo na grafikonu 2.



**Grafikon 2.** Linijski prikaz broja dolazaka turista u Općinu Pirovac u promatranom razdoblju  
Izvor: *Gretl*, izrada autora

Najveći broj dolazaka turista zabilježen je u ljetnom razdoblju, koje obuhvaća lipanj, srpanj i kolovoz, dok se najniži broj dolazaka turista bilježi u zimskim mjesecima, odnosno u prosincu, siječnju i veljači. U nastavku je prikazana deskriptivna analiza vremenske serije, a statističko-deskriptivni pokazatelji broja dolazaka turista prikazani su na slici 2.

```
Summary statistics, using the observations 2016:01 - 2022:12
for the variable 'DOLASCI' (84 valid observations)

Mean                2598,8
Minimum             4,0000
Maximum             14234,
Standard deviation   4417,2
Missing obs.        0
```

**Slika 2.** Statističko deskriptivni pokazatelji vremenske serije broja dolazaka turista u Općini Pirovac  
Izvor: *Gretl*, izrada autora

Prosječan broj dolazaka turista od siječnja 2016. do prosinca 2022. godine iznosi 2.598,8 dolazaka sa standardnom devijacijom od 4.417,2 dolaska. U promatranom razdoblju, najmanji broj dolazaka turista u Općini Pirovac iznosi 4, a zabilježen je u veljači 2016., siječnju 2019. i prosincu 2022. Najveći broj dolazaka turista zabilježen u srpnju 2017. godine i iznosi 14.234.

S obzirom na to da je 2020. godine zabilježen pad ukupnog broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 43,23 % u odnosu na prethodnu 2019. godinu, uzrokovan globalnom pandemijom COVID-19 virusa, promatrano vremensko razdoblje podijeljeno je na dva vremenska podrazdoblja. Kako bi modelirane vrijednosti bile efektivnije iprognoziranje vrijednosti pouzdanije, prva vremenska serija odnosi se na razdoblje prije pojave globalne pandemije uzrokovane virusom COVID-19, odnosno na razdoblje od siječnja 2016. godine do prosinca 2019. godine, dok druga vremenska serija započinje upravo 2020. godinom, odnosno obuhvaća razdoblje od siječnja 2020. do prosinca 2022. godine.

#### ***4.1.1. Desezoniranje turističke potražnje u razdoblju prije pojave globalne pandemije***

Efikasnost modeliranja i prognoziranja svakako zavisi od odabira adekvatnih kvantitativnih modela te poznavanja karakteristika i komponenti analizirane vremenske serije. Kako bi se izolirale iregularna, trend i sezonska komponenta, korištena je metoda odnosa prema pomičnim prosjecima.

Trend komponenta izolirana je izračunom dvanaesteročlanih pomičnih prosjeka danih izrazom:

$$\hat{Y}_t = \frac{1}{M} \sum_{s=-m}^m Y_{t+s} \quad (35)$$

Dobivene centrirane vrijednosti prve vremenske serije prikazane su u tablici 1.

**Tablica 1.** Centrirani pomični prosjeci vremenske serije broja dolazaka turista u Općinu Pirovac od 2016. do 2019. godine

|              | 1.    | 2.    | 3.    | 4.    | 5.    | 6.    | 7.    | 8.    | 9.    | 10.   | 11.   | 12.   |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>2016.</b> | *     | *     | *     | *     | *     | *     | 2.668 | 2.669 | 2.668 | 2.673 | 2.687 | 2.750 |
| <b>2017.</b> | 2.838 | 2.858 | 2.858 | 2.872 | 2.874 | 2.874 | 2.875 | 2.875 | 2.875 | 2.878 | 2.894 | 2.940 |
| <b>2018.</b> | 2.970 | 2.982 | 2.999 | 3.001 | 3.003 | 3.003 | 3.002 | 3.002 | 3.003 | 3.005 | 2.996 | 2.980 |
| <b>2019.</b> | 2.943 | 2.950 | 2.992 | 2.996 | 2.997 | 2.997 | *     | *     | *     | *     | *     | *     |

Izvor: Izrada autora

Izoliranjem sezonske komponente izračunate su prve procjene sezonskih faktora kako slijedi: omjer vrijednosti vremenske serije i pripadajućih pomičnih prosjeka:

$$\tilde{I}_{St} = \frac{Y_t}{\hat{Y}_t} \quad (36)$$

Uz pomoć prosječnih vrijednosti dobivenih iz prvih procjena sezonskih faktora izračunati su procijenjeni sezonski faktori, koji su potom normalizirani, te su izračunati sezonski indeksi. Izračunate vrijednosti prikazane su u tablici 2.

**Tablica 2.** Sezonski faktori i sezonski indeksi ostvarenog broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine

| Mjesec | SF PROCJENE   | SF NORMALIZIRANI | SEZONSKI INDEKS |
|--------|---------------|------------------|-----------------|
| 1      | 0,004         | 0,004            | <b>0,358</b>    |
| 2      | 0,003         | 0,003            | <b>0,325</b>    |
| 3      | 0,012         | 0,012            | <b>1,204</b>    |
| 4      | 0,119         | 0,117            | <b>11,738</b>   |
| 5      | 0,316         | 0,310            | <b>31,030</b>   |
| 6      | 1,865         | 1,832            | <b>183,229</b>  |
| 7      | 4,904         | 4,817            | <b>481,701</b>  |
| 8      | 4,205         | 4,131            | <b>413,103</b>  |
| 9      | 0,738         | 0,725            | <b>72,513</b>   |
| 10     | 0,038         | 0,037            | <b>3,727</b>    |
| 11     | 0,007         | 0,007            | <b>0,700</b>    |
| 12     | 0,004         | 0,004            | <b>0,373</b>    |
|        | <b>12,216</b> | <b>12</b>        | <b>1200,000</b> |

Izvor: Izrada autora

Najniži sezonski indeks odnosi se na mjesec veljaču, te ukazuje da je ostvareni broj dolazaka turista u Općini Pirovac u veljači manji za 99,7 % zbog utjecaja sezone. Najviši sezonski indeks ima mjesec srpanj, koji iznosi 481,701 i ukazuje da je ostvareni broj dolazaka turista u srpnju veći za 381,7 % zbog utjecaja sezone.

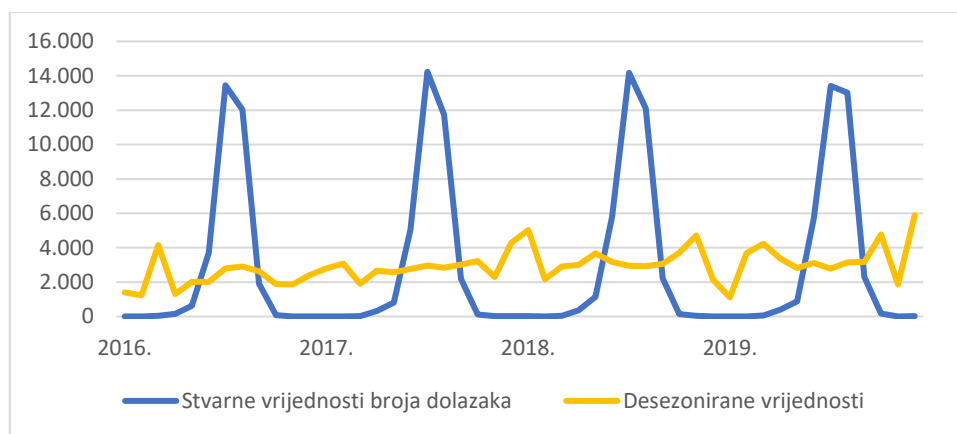
U tablici 3 prikazane su izračunate sezonski prilagođene vrijednosti ostvarenoga broja dolazaka turista.

**Tablica 3.** Sezonski prilagođene vrijednosti ostvarenoga broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine

|              | 1.    | 2.    | 3.    | 4.    | 5.    | 6.    | 7.    | 8.    | 9.    | 10.   | 11.   | 12.   |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>2016.</b> | 1.395 | 1.232 | 4.153 | 1.312 | 2.011 | 2.022 | 2.792 | 2.911 | 2.628 | 1.878 | 1.857 | 2.411 |
| <b>2017.</b> | 2.791 | 3.081 | 1.910 | 2.667 | 2.565 | 2.751 | 2.955 | 2.839 | 3.016 | 3.220 | 2.285 | 4.286 |
| <b>2018.</b> | 5.023 | 2.156 | 2.907 | 2.999 | 3.674 | 3.176 | 2.940 | 2.928 | 3.062 | 3.703 | 4.713 | 2.143 |
| <b>2019.</b> | 1.116 | 3.697 | 4.236 | 3.374 | 2.810 | 3.114 | 2.782 | 3.153 | 3.161 | 4.776 | 1.857 | 5.894 |

Izvor: Izrada autora

Na grafikonu 3 prikazano je kretanje stvarnih i desezoniranih vrijednosti prvog vremenskog niza.



**Grafikon 3.** Stvarne i desezonirane vrijednosti broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine  
Izvor: Izrada autora

U nastavku su izračunati i indeksi rezidualnih odstupanja, kao odnos sezonski prilagođenih vrijednosti i vrijednosti centriranih pomičnih prosjeka pomnoženih sa sto, prema izrazu:

$$I_{Rt} = \frac{Y_t^*}{\hat{Y}_t} \quad (37)$$

**Tablica 4.** Indeksi rezidualnih odstupanja ostvarenog broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine

|              | 1.     | 2.     | 3.     | 4.     | 5.     | 6.     | 7.     | 8.     | 9.     | 10.    | 11.    | 12.    |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>2016.</b> | *      | *      | *      | *      | *      | *      | 104,65 | 109,08 | 98,53  | 70,27  | 69,10  | 87,68  |
| <b>2017.</b> | 98,32  | 107,77 | 66,85  | 92,86  | 89,27  | 95,72  | 102,79 | 98,75  | 104,89 | 111,90 | 78,97  | 145,78 |
| <b>2018.</b> | 169,14 | 72,31  | 96,94  | 99,93  | 122,36 | 105,76 | 97,95  | 97,56  | 101,97 | 123,22 | 157,32 | 71,92  |
| <b>2019.</b> | 37,93  | 125,31 | 141,60 | 112,60 | 93,76  | 103,91 | *      | *      | *      | *      | *      | *      |

Izvor: Izrada autora

Indeks rezidualnih odstupanja za siječanj 2019. godine iznosi 37,93, što znači da je razina broja dolazaka turista tog mjeseca bila je u prosjeku za 62,07 % manja zbog rezidualnih utjecaja. Za lipanj iste godine indeks rezidualnih odstupanja iznosi 103,91, što znači da je razina broja dolazaka turista u tom periodu bila, u prosjeku, veća za 3,91 % zbog rezidualnih odstupanja.

#### 4.1.2. Desezoniranje turističke potražnje u razdoblju nakon pojave globalne pandemije

Desezoniranjem su izolirane iregularna, trend i sezonska komponenta drugog vremenskog niza, koji se odnosi na razdoblje od siječnja 2020. do prosinca 2022. godine. Izračunom dvanaesteročlanih pomičnih prosjeka, korištenjem izraza (35), izolirana je trend komponenta. Rezultati centriranih vrijednosti prikazani su u tablici 5.

**Tablica 5.** Centrirani pomični prosjeci vremenske serije broja dolazaka turista u Općinu Pirovac od 2020. do 2022. godine

|              | 1.    | 2.    | 3.    | 4.    | 5.    | 6.    | 7.    | 8.    | 9.    | 10.   | 11.   | 12.   |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>2020.</b> | *     | *     | *     | *     | *     | *     | 1.701 | 1.701 | 1.701 | 1.709 | 1.724 | 1.749 |
| <b>2021.</b> | 1.857 | 2.063 | 2.240 | 2.303 | 2.306 | 2.305 | 2.305 | 2.305 | 2.304 | 2.304 | 2.319 | 2.366 |
| <b>2022.</b> | 2.453 | 2.552 | 2.616 | 2.639 | 2.643 | 2.643 | *     | *     | *     | *     | *     | *     |

Izvor: Izrada autora

Korištenjem izraza (36) izolirana je sezonska komponenta, odnosno izračunate su prve procjene sezonskih faktora. Potom su izračunati i procijenjeni sezonski faktori, koji su normalizirani, te su na kraju izračunati sezonski indeksi. Izračunate vrijednosti prikazane su u tablici 6.

**Tablica 6.** Sezonski faktori i sezonski indeksi ostvarenog broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2020. do 2022. godine

| Mjesec | SF PROCJENE   | SF NORMALIZIRANI | SEZONSKI INDEKS |
|--------|---------------|------------------|-----------------|
| 1      | 0,007         | 0,007            | <b>0,748</b>    |
| 2      | 0,008         | 0,008            | <b>0,802</b>    |
| 3      | 0,017         | 0,017            | <b>1,743</b>    |
| 4      | 0,092         | 0,092            | <b>9,181</b>    |
| 5      | 0,224         | 0,223            | <b>22,324</b>   |
| 6      | 1,500         | 1,496            | <b>149,635</b>  |
| 7      | 4,755         | 4,744            | <b>474,444</b>  |
| 8      | 4,746         | 4,735            | <b>473,515</b>  |
| 9      | 0,573         | 0,572            | <b>57,220</b>   |
| 10     | 0,092         | 0,092            | <b>9,200</b>    |
| 11     | 0,005         | 0,005            | <b>0,541</b>    |
| 12     | 0,006         | 0,006            | <b>0,646</b>    |
|        | <b>12,026</b> | <b>12</b>        | <b>1200,000</b> |

Izvor: Izrada autora

Najniži sezonski indeks iznosi 0,541 i ukazuje da je, u promatranom razdoblju od 2020. do 2022. godine, u mjesecu studenom broj dolazaka turista bio 99,5 % manji zbog sezonskog

utjecaja. Najviši sezonski indeks odnosi se na mjesec srpanj i ukazuje da je zbog sezonskog utjecaja u promatranom razdoblju ostvareno 374,4 % više dolazaka turista.

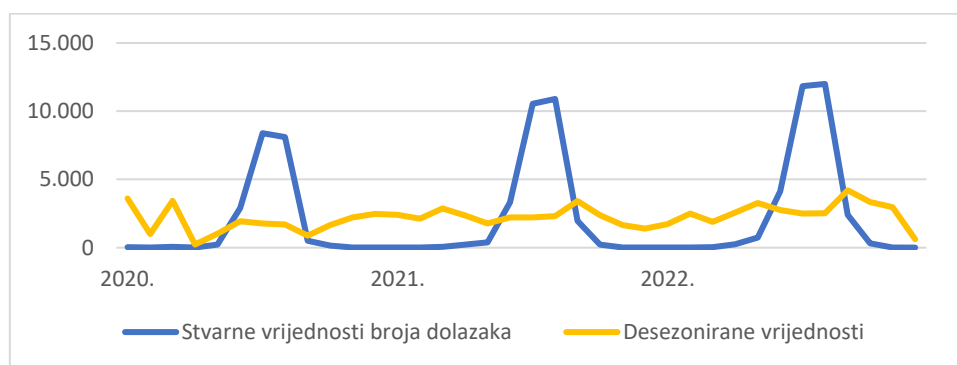
Izračunate su sezonski prilagođene vrijednosti ostvarenoga broja dolazaka turista, kao omjer stvarnih vrijednosti broja dolazaka turista i pripadajućih normaliziranih sezonskih faktora. Rezultati su prikazani u tablici 7.

**Tablica 7.** Sezonski prilagođene vrijednosti ostvarenoga broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2020. do 2022. godine

|              | 1.    | 2.    | 3.    | 4.    | 5.    | 6.    | 7.    | 8.    | 9.    | 10.   | 11.   | 12.   |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>2020.</b> | 3.609 | 997   | 3.442 | 229   | 1.017 | 1.934 | 1.770 | 1.711 | 886   | 1.652 | 2.219 | 2.476 |
| <b>2021.</b> | 2.406 | 2.119 | 2.869 | 2.363 | 1.765 | 2.222 | 2.222 | 2.302 | 3.418 | 2.391 | 1.664 | 1.393 |
| <b>2022.</b> | 1.738 | 2.493 | 1.893 | 2.581 | 3.274 | 2.750 | 2.493 | 2.534 | 4.207 | 3.348 | 2.958 | 619   |

Izvor: Izrada autora

Kretanje stvarnih i desezoniranih vrijednosti drugog vremenskog niza prikazan je na grafikonu 4.



**Grafikon 4.** Stvarne i desezonirane vrijednosti broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2020. do 2022. godine  
Izvor: Izrada autora

U nastavku su, prema izrazu (37) izračunati indeksi rezidualnih odstupanja ostvarenoga broja dolazaka turista u Općini Pirovac u razdoblju nakon pojave globalne pandemije.

**Tablica 8.** Indeksi rezidualnih odstupanja ostvarenog broja noćenja broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2020. do 2022. godine

|              | 1.     | 2.     | 3.     | 4.     | 5.     | 6.     | 7.     | 8.     | 9.     | 10.    | 11.    | 12.    |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>2020.</b> | *      | *      | *      | *      | *      | *      | 104,03 | 100,54 | 52,08  | 96,67  | 128,69 | 141,57 |
| <b>2021.</b> | 129,59 | 102,74 | 128,08 | 102,62 | 76,54  | 96,39  | 96,42  | 99,90  | 148,36 | 103,77 | 71,76  | 58,87  |
| <b>2022.</b> | 70,85  | 97,70  | 72,36  | 97,82  | 123,90 | 104,05 | *      | *      | *      | *      | *      | *      |

Izvor: Izrada autora

Indeks rezidualnih odstupanja za siječanj 2022. godine iznosi 70,85, te označava da je razina broja dolazaka turista u prosjeku za 29,15 % manja radi rezidualnih odstupanja. U svibnju 2022. godine indeks rezidualnog odstupanja je najviši u promatranjoj godini te iznosi 123,90, a ukazuje

da je u tom mjesecu razina broja dolazaka turista u prosjeku veća za 23,90 % zbog rezidualnih utjecaja.

## 4.2. Modeliranje i prognoziranje turističke potražnje u razdoblju prije pojave globalne pandemije

Nakon izvršene dekompozicije vremenskih serija ostvarenoga broja dolazaka turista u Općini Pirovac, može se zaključiti da obje vremenske serije imaju izraženu sezonsku komponentu. Shodno tome, birani su ekstrapolativni modeli prognoziranja koji uvažavaju postojanje sezonske komponente.

### 4.2.1. Sezonski naivni modeli

Korištenjem sezonskih naivnih modela modelirani su podaci za prvo analizirano razdoblje, prije pojave pandemije, odnosno na razdoblje od siječnja 2016. do prosinca 2019. godine.

#### Sezonski naivni model I

Sezonski naivni model I prikladan je za prognoziranje pojava koje posjeduju sezonsku komponentu, kao što su vremenske serije ostvarenoga broja noćenja u Općini Pirovac. Ovaj model pretpostavlja da je prognostička vrijednost jednaka vrijednosti pojave ostvarenoj u istom razdoblju prethodne godine. Izraz za sezonski naivni model:

$$\hat{Y}_{t+\tau} = Y_t \quad (38)$$

gdje je:

$Y$  – stvarna vrijednost pojave

$\hat{Y}$  – prognozirana vrijednost pojave

$t$  – vremensko razdoblje

$\tau$  – broj razdoblja, nakon posljednjega, za koje se prognozira vrijednost pojave

Dobivene modelirane vrijednosti broja dolazaka turista uz pomoć sezonskog naivnog modela I za prvi vremenski niz dane su u sljedećoj tablici.

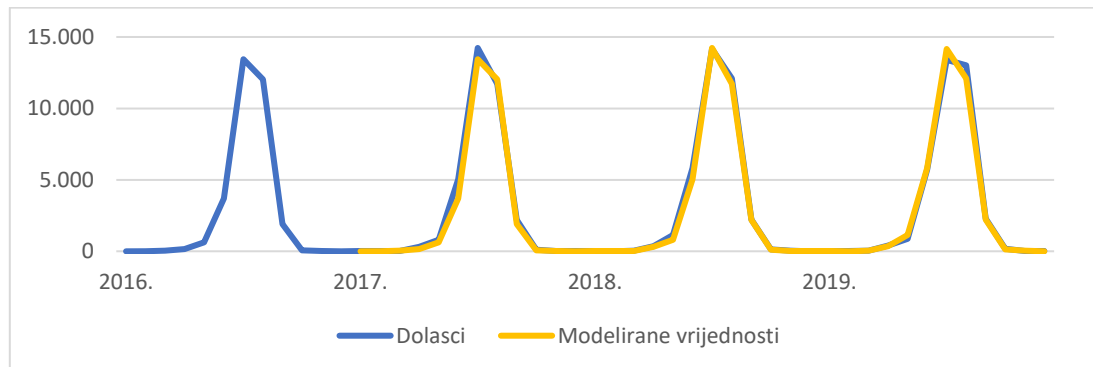
**Tablica 9.** Sezonski naivni model I- modeliranje broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine

|              | 1. | 2. | 3. | 4.  | 5.    | 6.    | 7.     | 8.     | 9.    | 10. | 11. | 12. |
|--------------|----|----|----|-----|-------|-------|--------|--------|-------|-----|-----|-----|
| <b>2016.</b> | *  | *  | *  | *   | *     | *     | *      | *      | *     | *   | *   | *   |
| <b>2017.</b> | 5  | 4  | 50 | 154 | 624   | 3.704 | 13.450 | 12.025 | 1.906 | 70  | 13  | 9   |
| <b>2018.</b> | 10 | 10 | 23 | 313 | 796   | 5.041 | 14.234 | 11.728 | 2.187 | 120 | 16  | 16  |
| <b>2019.</b> | 18 | 7  | 35 | 352 | 1.140 | 5.819 | 14.164 | 12.097 | 2.220 | 138 | 33  | 8   |

Izvor: Izrada autora



Modelirane vrijednosti po mjesecima 2019. godine odgovaraju stvarnim vrijednostima ostvarenog broja dolazaka po pojedinim mjesecima prethodne 2018. godine. Stvarne i modelirane vrijednosti broja dolazaka prikazane su na grafikonu 5.



**Grafikon 5.** Stvarne i modelirane vrijednosti prve vremenske serije – sezonski naivni model I

Izvor: Izrada autora

Iz podataka prikazanih na grafikonu da se uočiti kako nema značajnijih odstupanja modeliranih vrijednosti od stvarnih vrijednosti vremenskog niza.

#### Sezonski naivni model II

U nastavku su modelirani podaci prvog vremenskog niza korištenjem sezonskog naivnog modela II, prema izrazu:

$$\hat{Y}_{t+1} = Y_t + (Y_t - Y_{t-\tau}) \quad (39)$$

gdje je:

$Y$  – stvarna vrijednost pojave

$\hat{Y}$  – prognozirana vrijednost pojave

$t$  – vremensko razdoblje

$\tau$  – broj razdoblja, nakon posljednjega, za koje se prognozira vrijednost pojave

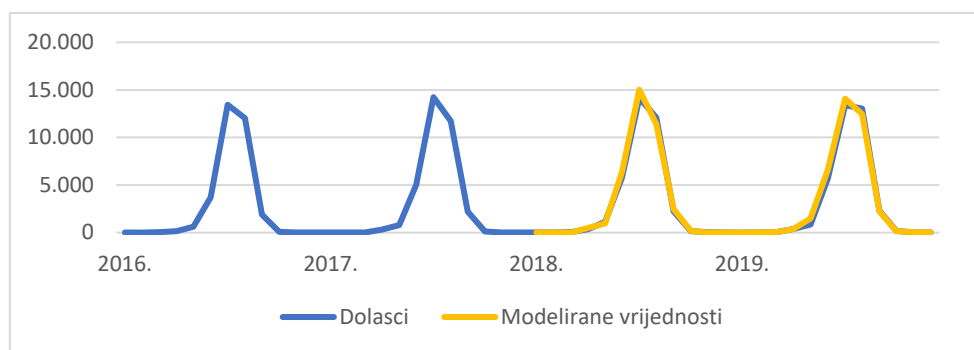
Dobivene modelirane vrijednosti prvog vremenskog niza prikazane su u tablici 10.

**Tablica 10.** Sezonski naivni model II - modeliranje broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine

|       | 1. | 2. | 3. | 4.  | 5.    | 6.    | 7.     | 8.     | 9.    | 10. | 11. | 12. |
|-------|----|----|----|-----|-------|-------|--------|--------|-------|-----|-----|-----|
| 2016. | *  | *  | *  | *   | *     | *     | *      | *      | *     | *   | *   | *   |
| 2017. | *  | *  | *  | *   | *     | *     | *      | *      | *     | *   | *   | *   |
| 2018. | 15 | 16 | -4 | 472 | 968   | 6.378 | 15.018 | 11.431 | 2.468 | 170 | 19  | 23  |
| 2019. | 26 | 4  | 47 | 391 | 1.484 | 6.597 | 14.094 | 12.466 | 2.253 | 156 | 50  | 0   |

Izvor: Izrada autora

Prema modeliranim vrijednostima najveći broj dolazaka u 2019. godini odnosi se na mjesec srpanj, a iznosi 14.094 dolazaka, dok se najmanji broj dolazaka odnosi na mjesec prosinac. Kretanje stvarnih i modeliranih vrijednosti prikazano je grafički u nastavku.



**Grafikon 6.** Stvarne i modelirane vrijednosti prve vremenske serije – sezonski naivni model II  
Izvor: Izrada autora

Modelirane mjesečne vrijednosti za 2018. i 2019. godinu ne odstupaju značajno od stvarnih vrijednosti u istom razdoblju, što je prikazano i na grafikonu 6.

### Sezonski naivni model IIa

U nastavku su modelirane vrijednosti prvog vremenskog niza, korištenjem sezonskog naivnog modela IIa, a prema sljedećem izrazu:

$$\hat{Y}_t = Y_t \cdot \left(\frac{Y_t}{Y_{t-1}}\right) \quad (40)$$

gdje je:

$Y$  – stvarna vrijednost pojave

$\hat{Y}$  – prognozirana vrijednost pojave

$t$  – vremensko razdoblje

$\tau$  – broj razdoblja, nakon posljednjega, za koje se prognozira vrijednost pojave

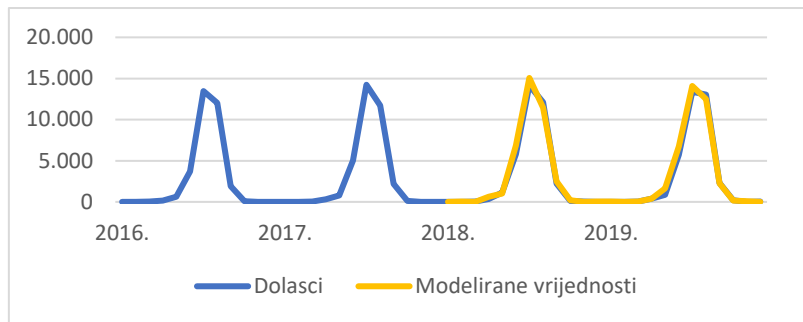
Dobivene modelirane vrijednosti broja dolazaka turista u Općini Pirovac, u razdoblju od 2016. do 2019. godine, prikazane su u tablici 11.

**Tablica 11.** Sezonski naivni model IIa- modeliranje broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine

|       | 1. | 2. | 3. | 4.  | 5.    | 6.    | 7.     | 8.     | 9.    | 10. | 11. | 12. |
|-------|----|----|----|-----|-------|-------|--------|--------|-------|-----|-----|-----|
| 2016. | *  | *  | *  | *   | *     | *     | *      | *      | *     | *   | *   | *   |
| 2017. | *  | *  | *  | *   | *     | *     | *      | *      | *     | *   | *   | *   |
| 2018. | 20 | 25 | 11 | 636 | 1.015 | 6.861 | 15.064 | 11.438 | 2.509 | 206 | 20  | 28  |
| 2019. | 32 | 5  | 53 | 396 | 1.633 | 6.717 | 14.094 | 12.478 | 2.253 | 159 | 68  | 4   |

Izvor: Izrada autora

Usporedba stvarnih i modeliranih vrijednosti dobivenih upotrebom sezonskoga naivnog modela za prvo vremensko podrazdoblje prikazana je na grafikonu 7.



**Grafikon 7.** Stvarne i modelirane vrijednosti prve vremenske serije – sezonski naivni model IIa  
Izvor: Izrada autora

Modelirane vrijednosti broja dolazaka turista za 2018. i 2019. godinu ne odstupaju značajno od stvarnih vrijednosti za isto razdoblje.

#### 4.2.2. Holt-Wintersov multiplikativni model

Kao odgovor na zaključak da promatrane pojave posjeduju komponentu trenda kao i sezonsku komponentu, odabran je Holt-Wintersov multiplikativni model. Holt-Wintersov multiplikativni model temelji se na postupcima izgladivanja vrijednosti razine pojave, trend komponente te sezonske komponente. Za izgladivanje razine pojave korišten je izraz za početnu vrijednost razine pojave:

$$L_t = \frac{Y_t}{IS_{t-m}} \quad (41)$$

gdje je:

$L$  – vrijednost razine pojave

$Y$  – stvarna vrijednost pojave

$t$  – vremensko razdoblje

$IS$  – procjena sezonske komponente

$m$  – broj sezonskih razdoblja unutar jedne kalendarske godine

Dok je za procjenu razine pojave u vremenu  $t$  korištena konstanta  $\alpha = 0,3$  i sljedeći izraz:

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-m}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (42)$$

gdje je:

$L$  – vrijednost razine pojave

$\alpha$  – konstanta izgladivanja razine

$Y$  – stvarna vrijednost pojave

$S$  – procjena sezonske komponente

$t$  – vremensko razdoblje

$m$  – broj sezonskih razdoblja unutar jedne kalendarske godine

$T$  – trend vrijednost pojave

U tablici 12 prikazane su dobivene vrijednosti razine pojave za prvi niz uz pomoć Holt-Wintersovog multiplikativnog modela.

**Tablica 12.** Vrijednosti razine pojave broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine – Holt-Wintersov multiplikativni model

|              | 1.      | 2.      | 3.      | 4.      | 5.      | 6.      | 7.      | 8.      | 9.      | 10.     | 11.     | 12.     |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>2016.</b> | *       | *       | *       | *       | *       | *       | *       | *       | *       | *       | *       | *       |
| <b>2017.</b> | 5.335,7 | 7.736,7 | 8.505,1 | 9.522,1 | 9.685,9 | 9.485,5 | 8.812,4 | 7.870,3 | 6.892,4 | 6.182,6 | 5.260,3 | 4.695,6 |
| <b>2018.</b> | 5.219,0 | 4.968,3 | 4.345,7 | 4.662,7 | 4.921,5 | 5.024,9 | 4.798,6 | 4.522,6 | 4.316,4 | 4.507,2 | 5.161,6 | 4.731,9 |
| <b>2019.</b> | 4.093,1 | 4.810,7 | 4.868,3 | 5.295,2 | 5.264,4 | 5.349,3 | 5.155,9 | 4.991,3 | 4.812,7 | 5.136,8 | 4.657,9 | 5.258,8 |

Izvor: Izrada autora

Početna vrijednost razine trenda dana je izrazom:

$$T_t = L_t - \frac{Y_{t-1}}{IS_{t-1}} \quad (43)$$

gdje je:

$T$  – trend vrijednost pojave

$L$  – vrijednost razine pojave

$Y$  – stvarna vrijednost pojave

$t$  – vremensko razdoblje

$IS$  – procjena sezonske komponente

Za procjenu razine trenda u vremenu  $t$  korištena je konstanta  $\beta = 0,4$  te izraz:

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (44)$$

gdje je:

$T$  – trend vrijednost pojave

$L$  – vrijednost razine pojave

$\beta$  – konstanta izgladivanja trend komponente

$t$  – vremensko razdoblje

**Tablica 13.** Trend vrijednosti broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine – Holt-Wintersov multiplikativni model

|              | 1.       | 2.       | 3.       | 4.       | 5.       | 6.     | 7.     | 8.      | 9.      | 10.     | 11.     | 12.     |
|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>2016.</b> | *        | *        | *        | *        | *        | *      | *      | *       | *       | *       | *       | *       |
| <b>2017.</b> | 2.667,83 | 2.587,80 | 2.041,96 | 1.734,48 | 1.263,28 | 824,18 | 375,00 | -20,13  | -307,47 | -428,16 | -576,42 | -572,88 |
| <b>2018.</b> | -243,99  | -246,01  | -358,99  | -156,20  | -31,69   | 8,83   | -61,70 | -126,00 | -150,05 | -47,79  | 162,86  | -14,90  |
| <b>2019.</b> | -202,08  | 73,82    | 68,95    | 176,34   | 114,19   | 105,40 | 15,76  | -38,34  | -80,42  | 40,94   | -115,01 | 99,77   |

Izvor: Izrada autora

U tablici 13 prikazane su trend vrijednosti broja dolazaka turista za prvivremenskinizprimjenom odabrane konstante  $\beta = 0,4$ . U nastavku, u tablici 14, prikazane su dobivene vrijednosti sezonske komponente ostvarenog broja dolazaka upotrebom odabrane konstante  $\gamma = 0,5$ .

**Tablica 14.** Vrijednosti sezonske komponente ostvarenih broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine – Holt-Wintersov multiplikativni model

|       | 1.     | 2.     | 3.     | 4.     | 5.     | 6.     | 7.     | 8.     | 9.     | 10.    | 11.    | 12.    |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2016. | 0,0019 | 0,0015 | 0,0187 | 0,0577 | 0,2339 | 1,3884 | 5,0415 | 4,5074 | 0,7144 | 0,0262 | 0,0049 | 0,0034 |
| 2017. | 0,0019 | 0,0014 | 0,0123 | 0,0478 | 0,1732 | 1,0456 | 3,6710 | 3,3005 | 0,5556 | 0,0235 | 0,0041 | 0,0034 |
| 2018. | 0,0025 | 0,0014 | 0,0106 | 0,0589 | 0,1966 | 1,0906 | 3,3833 | 3,0502 | 0,5391 | 0,0264 | 0,0050 | 0,0027 |
| 2019. | 0,0019 | 0,0018 | 0,0106 | 0,0652 | 0,1842 | 1,0810 | 3,0696 | 2,8739 | 0,5139 | 0,0297 | 0,0041 | 0,0033 |

Izvor: Izrada autora

Sezonski faktor za siječanj 2019. godine iznosi 0.0019, što ukazuje da je broj dolazaka turista u siječnju 2019. godine manji od godišnjeg prosjeka za 99,81 %. U srpnju je broj dolazaka turista veći od godišnjeg prosjeka za 206,96 % zbog utjecaja sezone.

Temeljem dobivenih vrijednosti razine broja dolazaka turista, trend vrijednosti i vrijednosti sezonskih komponenti, modelirane su vrijednosti broja dolazaka turista u Općinu Pirovac za razdoblje od 2016. do 2019. godine.

Prognoziranje vrijednosti za prvo razdoblje nakon tekućega temelji se na izrazu:

$$\hat{Y}_{t+1} = (L_t + T_t)S_{t-m+1} \quad (45)$$

gdje je:

$\hat{Y}$  – prognozirane vrijednosti pojave

$L$  – vrijednost razine pojave

$T$  – trend vrijednost pojave

$S$  – vrijednost sezonske komponente

$t$  – vremensko razdoblje

$m$  – broj sezonskih razdoblja unutar jedne kalendarske godine

U prognoziranju vrijednosti za  $h$  razdoblja nakon tekućega koristi se izraz:

$$\hat{Y}_{t+h} = (L_t + hT_t)S_{t-m+h} \quad (46)$$

gdje je:

$\hat{Y}$  – prognozirane vrijednosti pojave

$L$  – vrijednost razine pojave

$T$  – trend vrijednost pojave

$S$  – vrijednost sezonske komponente

$t$  – vremensko razdoblje

$m$  – broj sezonskih razdoblja unutar jedne kalendarske godine

$h$  – vremensko razdoblje nakon tekućeg

U modeliranju su korištene sljedeće konstante izgladivanja:  $\alpha = 0,3$ ,  $\beta = 0,4$  te  $\gamma = 0,5$ .

Rezultati izračuna prikazani su u tablici 15.

**Tablica 15.** Modelirani broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine – Holt-Wintersov multiplikativni model

|       | 1. | 2. | 3.  | 4.  | 5.    | 6.     | 7.     | 8.     | 9.    | 10. | 11. | 12. |
|-------|----|----|-----|-----|-------|--------|--------|--------|-------|-----|-----|-----|
| 2016. | *  | *  | *   | *   | *     | *      | *      | *      | *     | *   | *   | *   |
| 2017. | *  | 12 | 194 | 609 | 2.633 | 15.202 | 51.977 | 41.411 | 5.608 | 173 | 28  | 16  |
| 2018. | 8  | 7  | 58  | 190 | 781   | 5.113  | 18.479 | 15.634 | 2.443 | 98  | 18  | 18  |
| 2019. | 12 | 6  | 52  | 291 | 1.076 | 5.866  | 18.455 | 15.775 | 2.670 | 125 | 26  | 12  |

Izvor: Izrada autora

Zbog značajnih odstupanja modeliranih od stvarnih vrijednosti pristupilo se optimizaciji konstanti izgladivanja. Optimizirane konstante iznose:  $\alpha = 0,719$ ,  $\beta = 0,294$  i  $\gamma = 0,99$ , a optimizirane vrijednosti prikazane su u tablici 16.

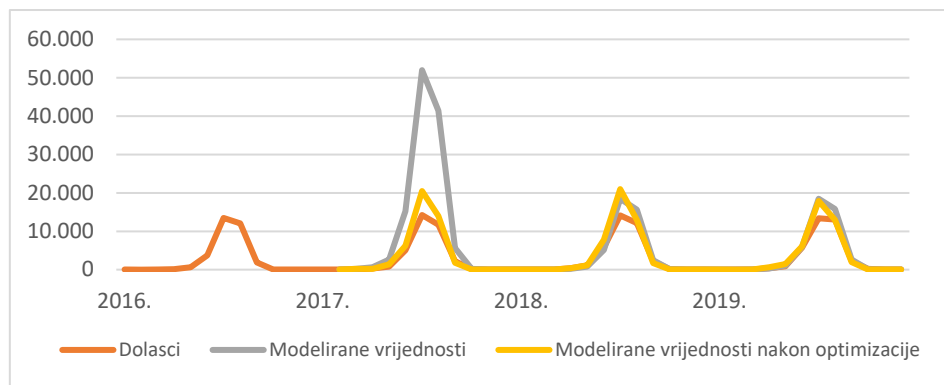
**Tablica 16.** Modelirani broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine – Holt-Wintersov multiplikativni model (optimizirane konstante izgladivanja)

|       | 1. | 2. | 3.  | 4.  | 5.    | 6.    | 7.     | 8.     | 9.    | 10. | 11. | 12. |
|-------|----|----|-----|-----|-------|-------|--------|--------|-------|-----|-----|-----|
| 2016. | *  | *  | *   | *   | *     | *     | *      | *      | *     | *   | *   | *   |
| 2017. | *  | 12 | 177 | 241 | 1.400 | 6.241 | 20.454 | 13.939 | 1.828 | 75  | 21  | 12  |
| 2018. | 9  | 14 | 44  | 352 | 1.116 | 7.763 | 20.983 | 12.999 | 1.720 | 68  | 18  | 26  |
| 2019. | 7  | 2  | 58  | 591 | 1.492 | 6.050 | 17.850 | 12.960 | 1.995 | 76  | 23  | 6   |

Izvor: Izrada autora

Dobivene modelirane vrijednosti s optimiziranim konstantama izgladivanja za 2019. godinu ukazuju na pad broja dolazaka turista u Općinu Pirovac za mjesec siječanj, veljaču, lipanj, srpanj, kolovoz i prosinac, dok se za mjesec ožujak, travanj, svibanj, rujanj, listopad i studeni bilježi porast broja dolazaka turista u odnosu na prethodnu 2018. godinu. Najveći porast u odnosu na isto razdoblje 2018. godine odnosi se na mjesec travanj s stopom promjene od 67,87 %, dok se najmanji porast odnosi na mjesec listopad s stopom promjene 11,78 %. Najveći pad u odnosu na isti mjesec prethodne godine odnosi se na veljaču od 86,45 %, dok se najmanji pad 0,29 % odnosi na mjesec kolovoz.

Stvarne i modelirane vrijednosti dobivene primjenom Holt-Wintersovog multiplikativnog modela prije i nakon optimizacije konstanti izgladivanja, prikazane su na grafikonu 8.



**Grafikon 8.** Stvarne i modelirane vrijednosti prve vremenske serije od 2016. do 2019. godine – Holt-Wintersov multiplikativni model  
Izvor: Izrada autora

Iz grafikona je vidljivo da modelirane vrijednosti prije optimizacije konstanti izgladivanja u 2017. godini bilježe značajna odstupanja od stvarnih vrijednosti broja dolazaka turista.

#### 4.2.3. Sezonski multiplikativni model eksponencijalnog trenda

Modeliranje prvog vremenskog niza izvršeno je i pomoću sezonskog multiplikativnog modela eksponencijalnog trenda sa sezonskim *dummy* varijablama. Model je lineariziran logaritamskom transformacijom te je na dobivenom logaritamsko-linearnom modelu korištena metoda najmanjih kvadrata. U model je uvršteno 11 sezonskih *dummy* varijabli, a kao bazno razdoblje odabran je posljednji promatrani mjesec, odnosno prosinac.

Slika 3 prikazuje rezultate regresijske analize za prvo razmatrano vremensko podrazdoblje (od siječnja 2016. do prosinca 2019. godine).

```

Model 1: OLS, using observations 2016:01-2019:12 (T = 48)
Dependent variable: 1_DOLASCI

-----
                coefficient      std. error      t-ratio      p-value
-----
const           2,21081            0,204769       10,80        1,10e-012 ***
VRIJEME         0,0108090           0,00370171     2,920        0,0061 ***
dm1             -0,369003           0,246685       -1,496       0,1437
dm2             -0,397061           0,246101       -1,613       0,1156
dm3             1,19588             0,245572        4,870       2,38e-05 ***
dm4             3,20845             0,245097       13,09       4,79e-015 ***
dm5             4,27192             0,244677       17,46       7,47e-019 ***
dm6             6,04495             0,244313       24,74       9,25e-024 ***
dm7             7,05187             0,244004       28,90       5,16e-026 ***
dm8             6,91810             0,243752       28,38       9,49e-026 ***
dm9             5,16873             0,243555       21,22       1,44e-021 ***
dm10            2,27280             0,243414        9,337       4,94e-011 ***
dm11           0,325483            0,243330        1,338       0,1896

Mean dependent var      5,449967      S.D. dependent var      2,797076
Sum squared resid      4,143692      S.E. of regression      0,344080
R-squared               0,988731      Adjusted R-squared      0,984867
F(12, 35)              255,9081      P-value(F)              2,29e-30
Log-likelihood          -9,318319      Akaike criterion        44,63664
Schwarz criterion       68,96225      Hannan-Quinn            53,82932
rho                    -0,101859     Durbin-Watson           2,151504

Log-likelihood for DOLASCI = -270,917

```

**Slika 3.** Rezultati regresijske analize prvog vremenskog niza od 2016. do 2019. godine  
Izvor: Gretl, izrada autora

Regresijski rezultati ukazuju na signifikantnost regresora na razini od 1 %, osim u slučaju sezonskih *dummy* varijabli dm1, dm2 i dm11. Rezultati primjene F-testa ukazuju na značajnost procijenjenoga modela. Korigirani koeficijent determinacije ukazuje da je 98,49 % promjena u kretanju broja dolazaka objašnjeno modelom. Logaritmirane i antilogaritmirane vrijednosti dobivenih regresijskih koeficijenata prikazane su u tablici 17.

**Tablica 17.** Vrijednosti koeficijenata

|                | logaritmirani regresijski koeficijenti | antilogaritmirani regresijski koeficijenti |
|----------------|--|--|
| <b>const</b>   | 2,2108                                 | 9,1231                                     |
| <b>VRIJEME</b> | 0,0108                                 | 1,0109                                     |
| <b>DM1</b>     | -0,3690                                | 0,6914                                     |
| <b>DM2</b>     | -0,3970                                | 0,6723                                     |
| <b>DM3</b>     | 1,1959                                 | 3,3065                                     |
| <b>DM4</b>     | 3,2085                                 | 24,7407                                    |
| <b>DM5</b>     | 4,2719                                 | 71,6591                                    |
| <b>DM6</b>     | 6,0450                                 | 421,9767                                   |
| <b>DM7</b>     | 7,0519                                 | 1.155,0166                                 |
| <b>DM8</b>     | 6,9181                                 | 1.010,3984                                 |
| <b>DM9</b>     | 5,1687                                 | 175,6916                                   |
| <b>DM10</b>    | 2,2728                                 | 9,7065                                     |
| <b>DM11</b>    | 0,3255                                 | 1,3847                                     |

Izvor: Izrada autora

Konstantni član prikazuje broj dolazaka turista u prosincu 2015. godine, a to je 9 dolazaka. Prosječna složena stopa rasta, dobivena iz vrijednosti regresijskoga koeficijenta uz nezavisnu varijablu vrijeme, ukazuje na godišnji porast broja dolazaka turista od 1,9 %. Dobivene vrijednosti sezonskih *dummy* varijabli označavaju prosječnu promjenu dolazaka turista u odnosu na bazno razdoblje. Stoga je u veljači broj dolazaka, u prosjeku, manji za 1 dolazak u odnosu na prosinac, dok je u srpnju broj dolazaka, u prosjeku, veći za 1.155 dolazaka u odnosu na prosinac.

Temeljem sezonskoga multiplikativnoga modela eksponencijalnoga trenda procijenjen je broj dolazaka turista u Općini Pirovac u razdoblju od 2016. do 2019. godine. Rezultati ekonometrijskoga modeliranja prikazani su tablici 18.

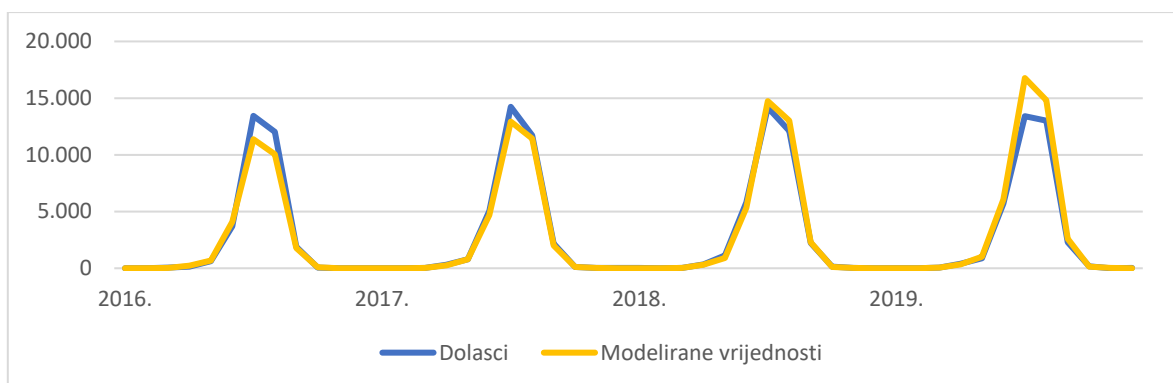
**Tablica 18.** Modeliranje broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine

|              | 1. | 2. | 3. | 4.  | 5.    | 6.    | 7.     | 8.     | 9.    | 10. | 11. | 12. |
|--------------|----|----|----|-----|-------|-------|--------|--------|-------|-----|-----|-----|
| <b>2016.</b> | 6  | 6  | 31 | 236 | 690   | 4.108 | 11.365 | 10.050 | 1.767 | 99  | 14  | 10  |
| <b>2017.</b> | 7  | 7  | 35 | 268 | 786   | 4.677 | 12.940 | 11.442 | 2.011 | 112 | 16  | 12  |
| <b>2018.</b> | 8  | 8  | 40 | 305 | 894   | 5.324 | 14.732 | 13.027 | 2.290 | 128 | 18  | 13  |
| <b>2019.</b> | 9  | 9  | 46 | 348 | 1.018 | 6.062 | 16.772 | 14.831 | 2.607 | 146 | 21  | 15  |

Izvor: Gretl, izrada autora



Modelirane mjesečne vrijednosti broja dolazaka bilježe porast u svakoj narednoj godini. Najveći broj dolazaka u 2019. godini odnosi se na mjesec srpanj i iznosi 16.772 dolaska. Najmanji broj dolazaka odnosi na mjesec siječanj i veljaču, a iznosi 9 dolazaka. Stvarne i prognozirane vrijednosti dobivene sezonskim multiplikativnim modelom eksponencijalnog trenda uz pomoć računalne potpore Gretl prikazane su na grafikonu 9.



**Grafikon 9.** Stvarne i modelirane vrijednosti prve vremenske serije – Sezonski multiplikativni model eksponencijalnog trenda  
Izvor: *Gretl*, izrada autora

Najveće podudaranje stvarnih i modeliranih vrijednosti zabilježene su 2018. godine, dok su 2016. i 2017. godine stvarne vrijednosti nešto veće od modeliranih, a 2019. godine modelirane vrijednosti su veće od stvarnog broja dolazaka.

### 4.3. Komparativna analiza efikasnosti korištenih modela prognoziranja u razdoblju prije pojave globalne pandemije

Nakon izvršenog prognoziranja, provodi se komparativna analiza efikasnosti upotrebljenih prognostičkih modela izračunom mjera prognostičke efikasnosti i to: srednje apsolutne pogreške (MAE), prosječne apsolutne postotne pogreške (MAPE), srednjekvadratne prognostičke pogreške (MSE) te korijena srednjekvadratne prognostičke pogreške (RMSE). Rezultati analize prikazani su u tablici 19.

**Tablica 19.** Mjere prognostičke efikasnosti za prvo podrazdoblje

| PROGNOSTIČKI MODELI                  | MAE       | MAPE  | MSE        | RMSE      |
|--------------------------------------|-----------|-------|------------|-----------|
| SEZONSKI NAIVNI I                    | 197,889   | 42,22 | 139.811,2  | 373,913   |
| SEZONSKI NAIVNI II                   | 235,208   | 71,29 | 148.323,7  | 385,128   |
| SEZONSKI NAIVNI IIa                  | 276,053   | 92,63 | 204.249,5  | 451,940   |
| HWM MODEL                            | 2.900,618 | 89,12 | 71.120.478 | 8.433,296 |
| HWM MODEL (Optimizirane vrijednosti) | 780,267   | 61,31 | 3.352.529  | 1.830,991 |
| SEZONSKI MULTIPLIKATIVNI MODEL       | 323,216   | 23,28 | 557.256,8  | 746,496   |

Izvor: Izrada autora

Srednje apsolutno odstupanje za sezonski naivni model I ukazuje na odstupanje stvarnih od modeliranih vrijednosti broja dolazaka turista u promatranom razdoblju za 198 dolazaka. Za sezonski naivni model II iznosi 235 dolazaka, a za sezonski naivni model IIa 276 dolazaka. Zaključuje se da, od sezonskih naivnih modela, modelirane vrijednosti dobivene sezonskim naivnim modelom I imaju najmanja odstupanja od stvarnih vrijednosti. Srednja apsolutna postotna pogreška sezonskih naivnih modela ukazuje na odstupanje stvarnih od modeliranih vrijednosti broja dolazaka turista u Općinu Pirovac od 42,22 % za vrijednosti dobivene sezonskim naivnim modelom I, 71,29 % kod sezonskoga naivnoga modela II te 92,63 % za vrijednosti dobivene korištenjem sezonskog naivnog modela IIa. Mjera prognostičke efikasnosti MAPE vrijednosti upućuju na zaključak da sezonski naivni model I ima zadovoljavajuću pouzdanost, dok su sezonski naivni model II i sezonski naivni model IIa nepouzdan u modeliranju promatrane pojave. Prosječno srednjekvadratno odstupanje stvarnih od modeliranih vrijednosti najmanje je pri korištenju sezonskog naivnog modela I i iznosi 139.811 dolazaka, a najveće je pri korištenju sezonskog naivnog modela IIa i iznosi 204.249 dolazaka.

Holt-Wintersov multiplikativni model ima najveću srednju apsolutnu pogrešku od 780 dolazaka. MAPE iznosi 61,31 %, što ukazuje na nepouzdanost modela pri modeliranju promatrane pojave. Prosječno srednjekvadratno odstupanje stvarnih od modeliranih vrijednosti u promatranom razdoblju iznosi 3.352.529 dolazaka.

Korištenjem sezonskog multiplikativnog modela eksponencijalnog trenda, prosječno apsolutno odstupanje iznosi 323 dolazaka. Primjenom istog modela, prosječno apsolutno postotno odstupanje iznosi 23,28 %. MAPE vrijednost ukazuje na zadovoljavajuću pouzdanost modela, i pokazuje kako je ovaj model najpouzdaniji u modeliranju promatrane pojave. Primjenom ovog modela, prosječno srednjekvadratno odstupanje u promatranom razdoblju iznosi 557.257 dolazaka.

Na temelju izračunatih mjera prognostičke efikasnosti, a za prvo vremensko podrazdoblje, može se zaključiti kako su sezonski naivni model I i sezonski multiplikativni model eksponencijalnog trenda zadovoljavajući, dok se preostala tri modela smatraju nepouzdanima u prognoziranju analizirane pojave.

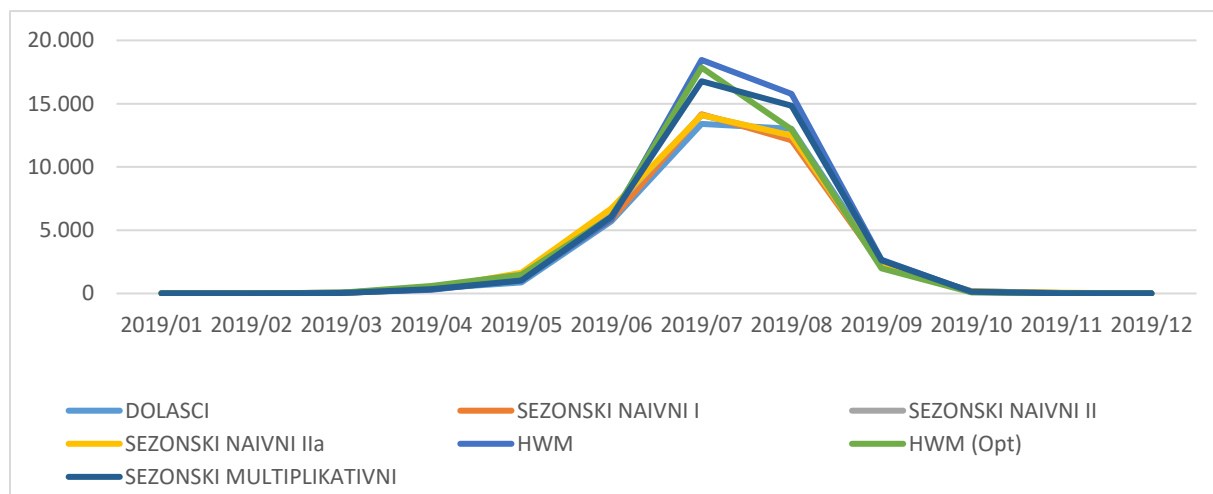
U tablici 20 prikazane su stvarne i prognozirane vrijednosti broja dolazaka turista u Općini Pirovac od siječnja do prosinca 2019. godine.

**Tablica 20.** Stvarne i modelirane vrijednosti broja dolazaka turista u Općini Pirovac od siječnja do prosinca 2019. godine

| Razdoblje | Dolasci | Sezonski naivni I | Sezonski naivni II | Sezonski naivni IIa | HWM    | HWM (opt) | Sezonski multiplikativni model eksponencijalnoga trenda |
|-----------|---------|-------------------|--------------------|---------------------|--------|-----------|---|
| 2019/01   | 4       | 18                | 26                 | 32                  | 12     | 7         | 9   |
| 2019/02   | 12      | 7                 | 4                  | 5                   | 6      | 2         | 9   |
| 2019/03   | 51      | 35                | 47                 | 53                  | 52     | 58        | 46  |
| 2019/04   | 396     | 352               | 391                | 396                 | 291    | 591       | 348   |
| 2019/05   | 872     | 1.140             | 1.484              | 1.633               | 1.076  | 1.492     | 1.018   |
| 2019/06   | 5.706   | 5.819             | 6.597              | 6.717               | 5.866  | 6.050     | 6.062   |
| 2019/07   | 13.400  | 14.164            | 14.094             | 14.094              | 18.455 | 17.850    | 16.772  |
| 2019/08   | 13.024  | 12.097            | 12.466             | 12.478              | 15.775 | 12.960    | 14.831  |
| 2019/09   | 2.292   | 2.220             | 2.253              | 2.253               | 2.670  | 1.995     | 2.607   |
| 2019/10   | 178     | 138               | 156                | 159                 | 125    | 76        | 146   |
| 2019/11   | 13      | 33                | 50                 | 68                  | 26     | 23        | 21  |
| 2019/12   | 22      | 8                 | 0                  | 4                   | 12     | 6         | 15  |

Izvor: Izrada autora

Stvarne i modelirane vrijednosti broja dolazaka turista prikazane su na grafikonu 10.



**Grafikon 10.** Stvarne i modelirane vrijednosti broja dolazaka turista od siječnja do prosinca 2019. godine

Izvor: Izrada autora

Iz grafikona 10 vidljivo je da su najveće vrijednosti broja dolazaka turista dobivene svim korištenim modelima veće od stvarnih vrijednosti, a najveći modelirani broj dolazaka turista izračunat je pomoću Holt-Wintersovim multiplikativnim modela.

#### 4.4. Modeliranje i prognoziranje turističke potražnje u razdoblju nakon pojave globalne pandemije

U nastavku je izvršeno modeliranje i prognoziranje broja dolazaka turista u Općini Pirovac u razdoblju nakon pojave globalne pandemije modelima koji su korišteni i za modeliranje promatrane pojave u razdoblju prije pojave globalne pandemije uzrokovane pojavom COVID-19 virusa.

#### 4.4.1. Sezonski naivni modeli

Korištenjem sezonskih naivnih modela modelirani su podaci koji se odnose na drugo razdoblje, obuhvaćajući dolaske od siječnja 2020. do prosinca 2022. godine. Temeljem rezultata modeliranja, prognozirani su dolasci za 2023. godinu.

##### Sezonski naivni model I

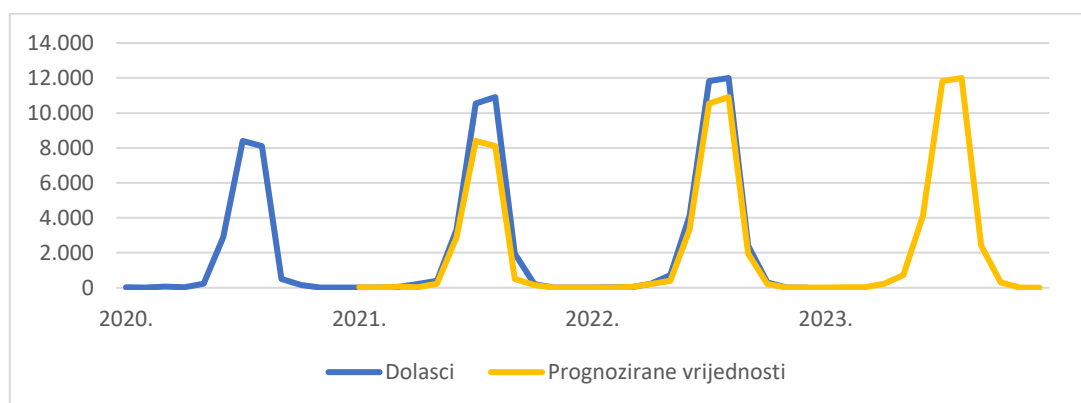
Rezultati modeliranja broja turista za razdoblje od siječnja 2020. do prosinca 2022. godine primjenom sezonskog naivnog modela I, korištenjem izraza (38), prikazani su u tablici 21.

**Tablica 21.** Sezonski naivni model I - prognoza broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2020. do 2023. godine

|       | 1. | 2. | 3. | 4.  | 5.  | 6.    | 7.     | 8.     | 9.    | 10. | 11. | 12. |
|-------|----|----|----|-----|-----|-------|--------|--------|-------|-----|-----|-----|
| 2020. | *  | *  | *  | *   | *   | *     | *      | *      | *     | *   | *   | *   |
| 2021. | 27 | 8  | 60 | 21  | 227 | 2.894 | 8.397  | 8.100  | 507   | 152 | 12  | 16  |
| 2022. | 18 | 17 | 50 | 217 | 394 | 3.325 | 10.543 | 10.902 | 1.956 | 220 | 9   | 9   |
| 2023. | 13 | 20 | 33 | 237 | 731 | 4.115 | 11.828 | 12.001 | 2.407 | 308 | 16  | 4   |

Izvor: Izrada autora

Izvršeno je prognoziranje broja dolazaka turista u Općini Pirovac za 2023. godinu. Prognozirane vrijednosti po mjesecima 2023. godine odgovaraju stvarnim vrijednostima ostvarenog broja dolazaka po pojedinim mjesecima prethodne 2022. godine. Stvarne i prognozirane vrijednosti broja dolazaka prikazane su na grafikonu 11.



**Grafikon 11.** Stvarne i prognozirane vrijednosti druge vremenske serije – sezonski naivni model I

Izvor: Izrada autora

Iz grafičkog prikaza vidljivo je da su stvarne vrijednosti značajno veće od modeliranih u 2021. godini, zbog toga što modelirane vrijednosti za 2021. godinu odgovaraju stvarnim vrijednostima iz 2020. godine, kada je zabilježen drastičan pad broja dolazaka turista zbog globalne pandemije uzrokovane COVID-19 virusom.

##### Sezonski naivni model II

Korištenjem sezonskog naivnog modela II modelirani su podaci i drugog vremenskog niza, te su prognozirane vrijednosti broja dolazaka turista za 2023. godinu, prema sljedećem izrazu:

$$\hat{Y}_{t+\tau} = Y_t + \tau(Y_t - Y_{t-1}) \quad (51)$$

gdje je:

$Y$  – stvarne vrijednosti pojave

$\hat{Y}$  – prognozirane vrijednosti pojave

$t$  – vremensko razdoblje

$\tau$  – broj razdoblja, nakon posljednjega, za koje se prognozira vrijednost pojave

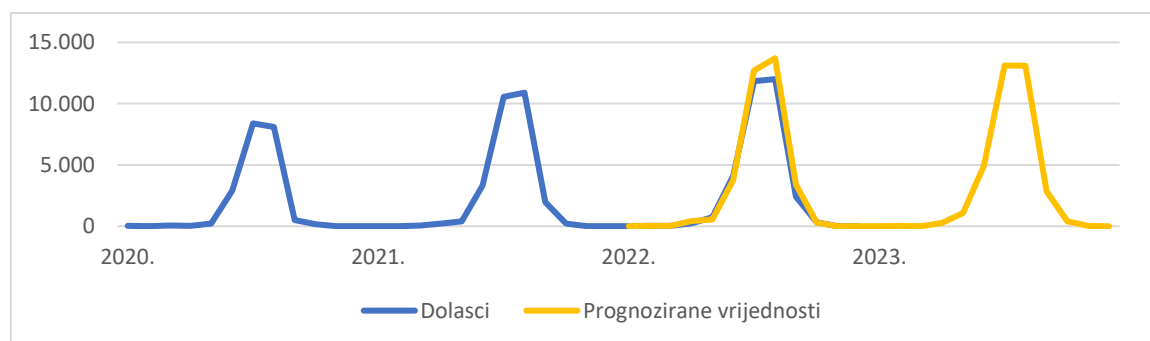
Dobivene vrijednosti prikazane su u tablici 22.

**Tablica 22.** Sezonski naivni model II - prognoziranje broja dolazaka turista u Općini Pirovac za 2023. godinu

|       | 1. | 2. | 3. | 4.  | 5.    | 6.    | 7.     | 8.     | 9.    | 10. | 11. | 12. |
|-------|----|----|----|-----|-------|-------|--------|--------|-------|-----|-----|-----|
| 2020. | *  | *  | *  | *   | *     | *     | *      | *      | *     | *   | *   | *   |
| 2021. | *  | *  | *  | *   | *     | *     | *      | *      | *     | *   | *   | *   |
| 2022. | 9  | 26 | 40 | 413 | 561   | 3.756 | 12.689 | 13.704 | 3.405 | 288 | 6   | 2   |
| 2023. | 8  | 23 | 16 | 257 | 1.068 | 4.905 | 13.113 | 13.100 | 2.858 | 396 | 23  | -1  |

Izvor: Izrada autora

Sezonski naivni model II prognozira najveći broj dolazaka turista u srpnju 2023. godine, i to 13.113 dolazaka. Kretanje stvarnih i prognoziranih vrijednosti prikazano je na grafikonu 12.



**Grafikon 12.** Stvarne i prognozirane vrijednosti druge vremenske serije – sezonski naivni model II

Izvor: Izrada autora

Na grafičkom prikazu ne bilježe se značajnija odstupanja stvarnih od modeliranih vrijednosti za 2022. godinu.

*Sezonski naivni model IIa*

Izvršeno je modeliranje i prognoziranje broja dolazaka turista putem sezonskog naivnog modela IIa. U prognoziranju korišten je izraz:

$$\hat{Y}_{t+\tau} = Y_t \cdot \left(\frac{Y_t}{Y_{t-1}}\right)^\tau \quad (52)$$

gdje je:

$Y$  – stvarne vrijednosti pojave

$\hat{Y}$  – prognozirane vrijednosti pojave

$t$  – vremensko razdoblje

$\tau$  – broj razdoblja, nakon posljednjega, za koje se prognozira vrijednost pojave

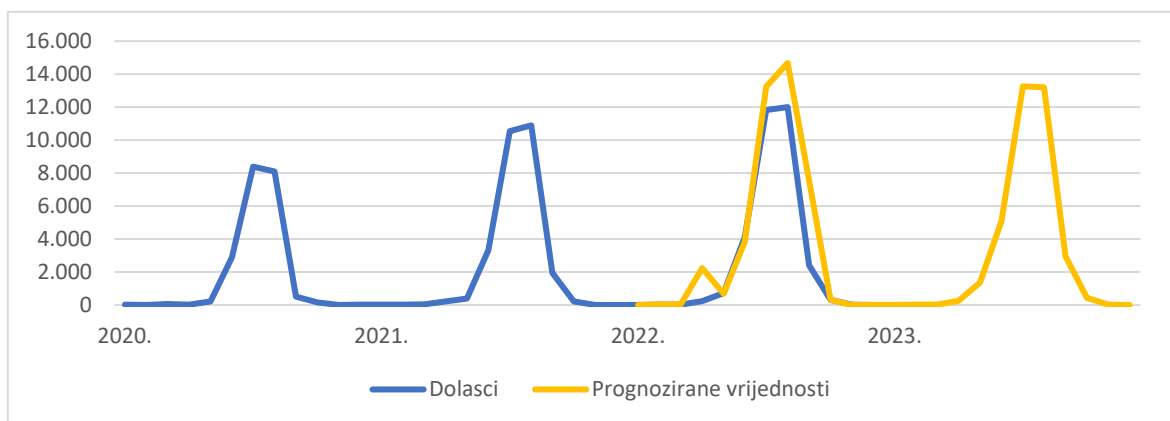
Dobivene modelirane vrijednosti drugog vremenskog niza, kao i prognozirane vrijednosti za 2023. godinu prikazane su u tablici 23.

**Tablica 23.** Sezonski naivni model IIa - prognoza broja dolazaka turista u Općini Pirovac za 2023. godinu

|              | 1. | 2. | 3. | 4.   | 5.    | 6.    | 7.     | 8.     | 9.    | 10. | 11. | 12. |
|--------------|----|----|----|------|-------|-------|--------|--------|-------|-----|-----|-----|
| <b>2020.</b> | *  | *  | *  | *    | *     | *     | *      | *      | *     | *   | *   | *   |
| <b>2021.</b> | *  | *  | *  | *    | *     | *     | *      | *      | *     | *   | *   | *   |
| <b>2022.</b> | 12 | 36 | 42 | 2242 | 684   | 3.820 | 13.237 | 14.673 | 7.546 | 318 | 7   | 5   |
| <b>2023.</b> | 9  | 24 | 22 | 259  | 1.356 | 5.093 | 13.270 | 13.211 | 2.962 | 431 | 28  | 2   |

Izvor: Izrada autora

Korištenjem sezonskog naivnog modela IIa, najveća prognozirana vrijednost odnosi se na mjesec srpanj 2023. godine i iznosi 13.270 dolazaka. Najmanja prognozirana vrijednost za prosinac 2023. godine i iznosi 2 dolaska. Kretanje stvarnih i prognoziranih vrijednosti prikazano je na grafikonu 13.



**Grafikon 13.** Stvarne i prognozirane vrijednosti druge vremenske serije – sezonski naivni model IIa

Izvor: Izrada autora

Modelirane vrijednosti za 2022. godinu odstupaju od stvarnih vrijednosti u istom razdoblju, dok prognozirane vrijednosti za 2023. godinu bilježe porast broja dolazaka turista u odnosu na stvarne vrijednosti prethodne godine.

#### **4.4.2. Holt-Wintersov multiplikativni model**

Uz pomoć Holt-Wintersovog multiplikativnog modela modelirane su vrijednosti drugog vremenskoga podrazdoblja i to od siječnja 2020. do prosinca 2022. godine, te su prognozirane vrijednosti za razdoblje od siječnja do prosinca 2023. godine. Za izgladivanje početne vrijednosti razine pojave korišten je izraz (41), dok je za procjenu razine pojave u vremenu  $t$  korištena konstanta  $\alpha = 0,3$  te izraz (42). Dobivene vrijednosti prikazane su u tablici 24.

**Tablica 24.** Vrijednosti razine pojave broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2020. do 2023. godine – Holt Wintersov multiplikativni model

|              | 1.      | 2.      | 3.      | 4.      | 5.      | 6.      | 7.      | 8.       | 9.       | 10.      | 11.      | 12.      |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>2020.</b> | *       | *       | *       | *       | *       | *       | *       | *        | *        | *        | *        | *        |
| <b>2021.</b> | 1134,50 | 1177,04 | 917,81  | 3973,77 | 4308,98 | 4296,13 | 4181,69 | 3998,19  | 4603,91  | 4385,71  | 3858,44  | 3217,89  |
| <b>2022.</b> | 2542,23 | 2199,69 | 1621,70 | 2575,08 | 3302,57 | 3427,61 | 3484,82 | 3512,46  | 4278,66  | 4504,82  | 4449,72  | 3823,23  |
| <b>2023.</b> | 3009,80 | 2178,47 | 1382,70 | 663,12  | 47,67   | -447,56 | -816,88 | -1063,32 | -1196,68 | -1231,57 | -1185,58 | -1077,66 |

Izvor: Izrada autora

Dobivene vrijednosti broja dolazaka turista prikazuju pad razine pojave kako na mjesečnoj tako i na godišnjoj razini.

Izračunate su razine trend komponente prema izrazu (43), početna vrijednost trend komponente dobivena je korištenjem izraza (44). vrijednost konstante izgladivanja određena je kao  $\beta = 0,4$ .

Dobivene vrijednosti prikazane su u tablici 25.

**Tablica 25.** Trend vrijednosti broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2020. do 2023. godine – Holt-Wintersov multiplikativni model

|              | 1.      | 2.      | 3.      | 4.      | 5.      | 6.      | 7.      | 8.      | 9.      | 10.     | 11.     | 12.     |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>2020.</b> | *       | *       | *       | *       | *       | *       | *       | *       | *       | *       | *       | *       |
| <b>2021.</b> | -567,25 | -384,31 | -346,79 | 674,04  | 572,39  | 396,82  | 243,44  | 115,36  | 262,47  | 118,27  | -75,39  | -244,94 |
| <b>2022.</b> | -374,16 | -364,67 | -428,67 | -14,05  | 208,41  | 183,40  | 145,54  | 110,17  | 306,98  | 282,73  | 181,39  | -60,98  |
| <b>2023.</b> | -286,71 | -450,10 | -553,80 | -603,53 | -607,11 | -573,54 | -512,28 | -432,53 | -342,78 | -250,41 | -161,49 | -80,67  |

Izvor: Izrada autora

U tablici 26 prikazane su izračunate vrijednosti sezonske komponente ostvarenog broja dolazaka drugog vremenskog niza korištenjem konstante  $\gamma = 0,5$ .

**Tablica 26.** Vrijednosti sezonske komponente ostvarenih broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2020. do 2023. godine – Holt-Wintersov multiplikativni model

|              | 1.     | 2.     | 3.     | 4.     | 5.     | 6.     | 7.     | 8.     | 9.     | 10.    | 11.    | 12.    |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>2020.</b> | 0,0159 | 0,0047 | 0,0353 | 0,0123 | 0,1334 | 1,7006 | 4,9343 | 4,7598 | 0,2979 | 0,0893 | 0,0071 | 0,0094 |
| <b>2021.</b> | 0,0159 | 0,0086 | 0,0429 | 0,0292 | 0,1166 | 1,3299 | 3,9691 | 3,9466 | 0,3487 | 0,0737 | 0,0052 | 0,0068 |
| <b>2022.</b> | 0,0116 | 0,0088 | 0,0339 | 0,0544 | 0,1585 | 1,2782 | 3,7391 | 3,7346 | 0,4342 | 0,0715 | 0,0045 | 0,0045 |
| <b>2023.</b> | 0,0069 | 0,0053 | 0,0203 | 0,0326 | 0,0951 | 0,7669 | 2,2435 | 2,2408 | 0,2605 | 0,0429 | 0,0027 | 0,0027 |

Izvor: Izrada autora

Broj dolazaka turista u Općini Pirovac u prosincu 2023. godine manji je za 99,73 % od godišnjeg prosjeka, dok je u srpnju iste godine veći od godišnjeg prosjeka za 124,35 % zbog utjecaja sezone.

Korištenjem prethodno dobivenih vrijednosti izračunate su prognozirane vrijednosti broja dolazaka turista prema izrazu (45) za prvo razdoblje nakon tekućega te prema izrazu (46) za vrijednosti h razdoblja nakon tekućega. Dobiveni rezultati prikazani su u tablici 27.

**Tablica 27.** Prognozirani broja dolazaka turista u Općini Pirovac za 2023. godinu – Holt-Wintersov multiplikativni model

|              | 1. | 2. | 3.  | 4.  | 5.  | 6.    | 7.     | 8.     | 9.    | 10. | 11. | 12. |
|--------------|----|----|-----|-----|-----|-------|--------|--------|-------|-----|-----|-----|
| <b>2020.</b> | *  | *  | *   | *   | *   | *     | *      | *      | *     | *   | *   | *   |
| <b>2021.</b> | *  | 3  | 28  | 7   | 620 | 8.301 | 23.157 | 21.063 | 1.226 | 435 | 32  | 36  |
| <b>2022.</b> | 47 | 19 | 79  | 35  | 299 | 4.669 | 14.332 | 14.327 | 1.263 | 338 | 25  | 31  |
| <b>2023.</b> | 44 | 33 | 123 | 195 | 558 | 4.419 | 12.699 | 12.456 | 1.422 | 230 | 14  | 14  |

Izvor: Izrada autora

Najveći broj dolazaka prognozirani je za srpanj 2023. godine i iznosi 12.699 dolazaka, dok je najmanji broj dolazaka prognozirani za studeni i prosinac te iznosi 14 dolazaka.

Izvršena je optimizacija konstanti izgladivanja. Optimizirane konstante iznose:  $\alpha = 0,149$ ,  $\beta = 0,065$  i  $\gamma = 1$ . Optimizirane vrijednosti prikazane su u tablici 28.

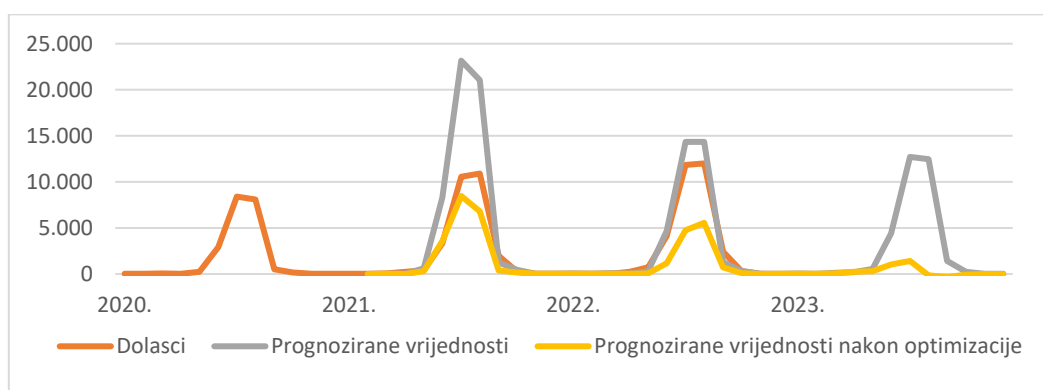
**Tablica 28.** Prognozirani broja dolazaka turista u Općini Pirovac za 2023. godinu – Holt-Wintersov multiplikativni model (optimizirane konstante izgladivanja)

|              | 1. | 2. | 3. | 4.  | 5.  | 6.    | 7.    | 8.    | 9.   | 10. | 11. | 12. |
|--------------|----|----|----|-----|-----|-------|-------|-------|------|-----|-----|-----|
| <b>2020.</b> | *  | *  | *  | *   | *   | *     | *     | *     | *    | *   | *   | *   |
| <b>2021.</b> | *  | 3  | 17 | 1   | 314 | 3.552 | 8.467 | 6.806 | 363  | 154 | 11  | 12  |
| <b>2022.</b> | 14 | 10 | 33 | 10  | 48  | 1.154 | 4.734 | 5.559 | 736  | 103 | 6   | 8   |
| <b>2023.</b> | 13 | 22 | 51 | 216 | 295 | 1.023 | 1.424 | -147  | -333 | -74 | -5  | -2  |

Izvor: Izrada autora

Dobivene prognozirane vrijednosti korištenjem optimiziranih konstanti izgladivanja značajno su manje nego vrijednosti prije optimizacije. Najveći broj dolazaka prognozirani je za srpanj 2023. godine i iznosi 1.424 dolaska, što je 88,79 % manje nego prije optimizacije.

Kretanje stvarnih vrijednosti te prognozirane vrijednosti Holt-Wintersovim multiplikativnim modelom prije i nakon optimizacije konstanti izgladivanja prikazane su na grafikonu 14.



**Grafikon 14.** Stvarne i prognozirane vrijednosti druge vremenske serije – Holt-Wintersov multiplikativni model  
Izvor: Izrada autora

Iz grafikona je vidljivo da prognozirane vrijednosti prije optimizacije konstanti izgladivanja bilježe značajna odstupanja od stvarnih vrijednosti broja dolazaka. Najveće odstupanje vidljivo je u 2021. godini.



#### 4.4.3. Sezonski multiplikativni model eksponencijalnog trenda

U nastavku su, korištenjem sezonskog multiplikativnog modela eksponencijalnog trenda, modelirane vrijednosti drugog vremenskog podrazdoblja u razdoblju od 2020. do 2022. godine, te su prognozirane vrijednosti za razdoblje od siječnja do prosinca 2023. godine. U model je uvršteno 11 sezonskih *dummy* varijabli. Za bazno razdoblje odabran je mjesec prosinac. Logaritmiranjem je dobiven logaritamsko-linearni model na kojem je izvršena regresijska analiza primjenom metode najmanjih kvadrata. Na slici 4 prikazani su dobiveni rezultati regresijske analize uz pomoć računalne potpore *Gretl*. Regresijskom analizom dobiven je procijenjeni model oblika:

$$\ln \hat{Y}_t = 1,6659 + 0,0189X_1 + 1,0059D_1 + 0,7061D_2 + 1,8854D_3 + 2,6631D_4 + 4,0119D_5 + 6,1285D_6 + 7,2013D_7 + 7,1865D_8 + 5,1357D_9 + 3,3016D_{10} + 0,3851D_{11} \quad (53)$$

```

Model 1: OLS, using observations 2020:01-2022:12 (T = 36)
Dependent variable: l_DOLASCI

      coefficient   std. error   t-ratio   p-value
-----
const      1,66591      0,395367    4,214     0,0003   ***
VRIJEME    0,0188664     0,00951104  1,984     0,0594   *
dm1        1,00588      0,468365    2,148     0,0425   **
dm2        0,706090     0,466332    1,514     0,1436
dm3        1,88539      0,464486    4,059     0,0005   ***
dm4        2,66306      0,462827    5,754     7,34e-06 ***
dm5        4,01193      0,461359    8,696     9,96e-09 ***
dm6        6,12850      0,460083    13,32     2,68e-012 ***
dm7        7,20132      0,459000    15,69     8,89e-014 ***
dm8        7,18645      0,458112    15,69     8,92e-014 ***
dm9        5,13566      0,457421    11,23     8,24e-011 ***
dm10       3,30157      0,456926    7,226     2,35e-07   ***
dm11       0,385070     0,456629    0,8433    0,4078

Mean dependent var   5,315847   S.D. dependent var   2,605512
Sum squared resid    7,190479   S.E. of regression    0,559133
R-squared             0,969738   Adjusted R-squared    0,953948
F(12, 23)            61,41822   P-value(F)            1,54e-14
Log-likelihood        -22,08809   Akaike criterion      70,17617
Schwarz criterion     90,76192   Hannan-Quinn          77,36115
rho                   -0,098626   Durbin-Watson         1,993248

Log-likelihood for DOLASCI = -213,459

```

**Slika 4.** Rezultati regresijske analize drugog vremenskog niza od 2020. do 2022. godine  
Izvor: *Gretl*, izrada autora

Iz dobivenog ispisa vidljivo je da su sve varijable, osim varijable vrijeme, kao i sezonskih *dummy* varijabli dm2 i dm11, značajne na razini signifikantnosti  $\alpha = 0,05$ . Rezultati F-testa upućuju da je procijenjeni model značajan. Korigirani koeficijent determinacije ukazuje da je

95,39 % promjena u kretanju broja dolazaka objašnjeno modelom. Vrijednosti regresijskih koeficijenata prikazane su u tablici 29.

**Tablica 29.** Vrijednosti koeficijenata

|                | Logaritmirane vrijednosti regresijskih koeficijenata | Antilogaritmirane vrijednosti regresijskih koeficijenata |
|----------------|--|--|
| <b>const</b>   | 1,6659   | 5,2905   |
| <b>VRIJEME</b> | 0,0189   | 1,0190   |
| <b>DM1</b>     | 1,0059   | 2,7343   |
| <b>DM2</b>     | 0,7061   | 2,0260   |
| <b>DM3</b>     | 1,8854   | 6,5889   |
| <b>DM4</b>     | 2,6631   | 14,3401  |
| <b>DM5</b>     | 4,0119   | 55,2534  |
| <b>DM6</b>     | 6,1285   | 458,7475   |
| <b>DM7</b>     | 7,2013   | 1.341,1999   |
| <b>DM8</b>     | 7,1865   | 1.321,4039   |
| <b>DM9</b>     | 5,1357   | 169,9765   |
| <b>DM10</b>    | 3,3016   | 27,1552  |
| <b>DM11</b>    | 0,3851   | 1,4697   |

Izvor: Izrada autora

Procijenjeni polazni sezonski multiplikativni model eksponencijalnoga trenda glasi:

$$\hat{Y}_t = 5,2905 \cdot 1,019^{X_t} \cdot 2,7343^{D_1} \cdot 2,0260^{D_2} \cdot 6,5889^{D_3} \cdot 14,3401^{D_4} \cdot 55,2534^{D_5} \cdot 458,7475^{D_6} \cdot 1341,1999^{D_7} \cdot 1321,4039^{D_8} \cdot 169,9765^{D_9} \cdot 27,1552^{D_{10}} \cdot 1,4697^{D_{11}}$$

X = 1, siječanj 2020.

Jedinica za X = 1 mjesec

Jedinica za Y = 1 dolazak

(54)

Konstantni član  $\hat{\beta}'_0 = 5,2905$  ukazuje da je broj dolazaka turista u prosincu 2019. godine bio 5. Vrijednost regresijskog koeficijenta koristi se za izračun složene prosječne stope rasta, koja iznosi 1,9 %, što ukazuje da se broj dolazaka turista godišnje povećavao po prosječnoj stopi od 1,9 %. Dobivene vrijednosti sezonskih *dummy* varijabli označavaju prosječnu promjenu dolazaka turista u odnosu na bazno razdoblje. Stoga je u veljači broj dolazaka, u prosjeku, manji za 2 dolaska u odnosu na bazni mjesec prosinac, dok je u srpnju broj dolazaka, u prosjeku, veći za 1.341 dolazak u odnosu na prosinac.

Uz pomoć dobivenog modela, korištenjem programske potpore *Gretl*, vrši se prognoziranje kretanja broja dolazaka turista u Općini Pirovac za 2023. godinu (slika 5).

For 95% confidence intervals,  $t(23, 0,025) = 2,069$

|         | l_DOLASCI | prediction | std. error | 95% interval         |
|---------|-----------|------------|------------|----------------------|
| 2023:01 |           | 3,369846   | 0,684795   | 1,953239 - 4,786453  |
| 2023:02 |           | 3,088922   | 0,684795   | 1,672316 - 4,505529  |
| 2023:03 |           | 4,287085   | 0,684795   | 2,870478 - 5,703692  |
| 2023:04 |           | 5,083620   | 0,684795   | 3,667013 - 6,500227  |
| 2023:05 |           | 6,451365   | 0,684795   | 5,034758 - 7,867971  |
| 2023:06 |           | 8,586798   | 0,684795   | 7,170191 - 10,003405 |
| 2023:07 |           | 9,678484   | 0,684795   | 8,261877 - 11,095091 |
| 2023:08 |           | 9,682482   | 0,684795   | 8,265875 - 11,099089 |
| 2023:09 |           | 7,650561   | 0,684795   | 6,233955 - 9,067168  |
| 2023:10 |           | 5,835329   | 0,684795   | 4,418723 - 7,251936  |
| 2023:11 |           | 2,937700   | 0,684795   | 1,521093 - 4,354307  |
| 2023:12 |           | 2,571496   | 0,684795   | 1,154889 - 3,988102  |

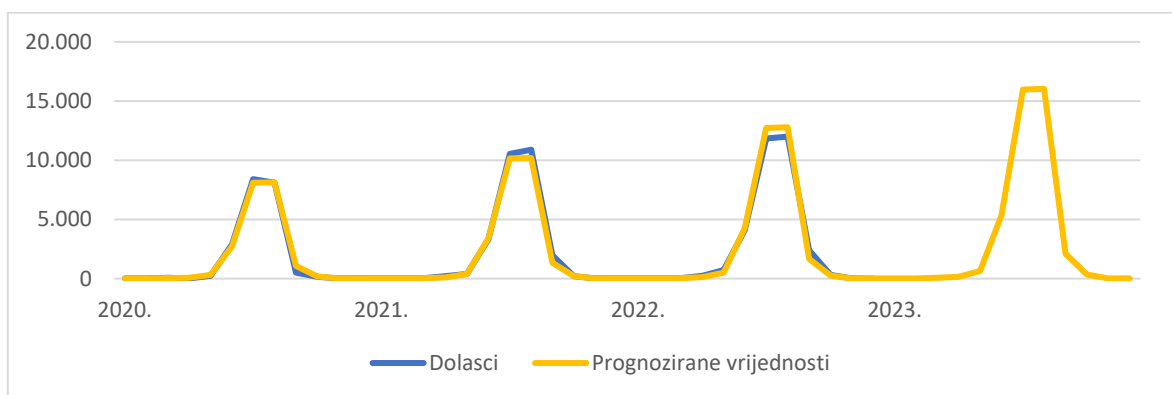
**Slika 5.** Prognoziranje broja dolazaka turista u Općini Pirovac od siječnja do prosinca 2023. godine  
Izvor: *Gretl*, izrada autora

Dobiveni rezultati su antilogaritmirani i prikazani u tablici 30.

|              | 1. | 2. | 3. | 4.  | 5.  | 6.    | 7.     | 8.     | 9.    | 10. | 11. | 12. |
|--------------|----|----|----|-----|-----|-------|--------|--------|-------|-----|-----|-----|
| <b>2020.</b> | 15 | 11 | 37 | 82  | 321 | 2.718 | 8.097  | 8.130  | 1.066 | 173 | 10  | 7   |
| <b>2021.</b> | 18 | 14 | 46 | 103 | 403 | 3.408 | 10.155 | 10.195 | 1.336 | 218 | 12  | 8   |
| <b>2022.</b> | 23 | 18 | 58 | 129 | 505 | 4.274 | 12.735 | 12.786 | 1.676 | 273 | 15  | 10  |
| <b>2023.</b> | 29 | 22 | 73 | 161 | 634 | 5.360 | 15.970 | 16.034 | 2.102 | 342 | 19  | 13  |

**Tablica 30.** Prognozirani broj dolazaka turista u Općini Pirovac za 2023. godinu  
Izvor: *Gretl*, izrada autora

Iz dobivenog ispisa vidljivo je da je za prosinac 2023. godine predviđen najmanji broj dolazaka turista, odnosno 13 dolazaka, uz 95 % vjerojatnosti da će broj dolazaka u prosincu 2023. godine iznositi između 3 i 54 dolaska. Najveći broj dolazaka prognoziran je za kolovoz 2023. godine, a on iznosi 16.034 dolazaka, uz 95 % vjerojatnosti da će broj dolazaka u kolovozu 2023. godine iznositi između 3.889 i 66.111 dolazaka. Kretanje stvarnih i prognoziranih vrijednosti drugog vremenskog podrazdoblja dobivenih uz pomoć računalne potpore *Gretl* prikazane su na grafikonu 15.



**Grafikon 15.** Stvarne i prognozirane vrijednosti druge vremenske serije – Sezonski multiplikativni model eksponencijalnog trenda  
Izvor: Izrada autora

Iz grafikona je vidljivo da se ne bilježe značajnija odstupanja modeliranih od stvarnih vrijednosti u razdoblju od 2020. do 2022. godine, te da su prognozirane vrijednosti za 2023. godinu značajno veće u odnosu na prethodno razdoblje.

#### 4.5. Komparativna analiza efikasnosti korištenih modela prognoziranja u razdoblju nakon pojave globalne pandemije

Nakon modeliranja i prognoziranja turističke potražnje pristupilo se komparativnoj analizi efikasnosti modela prognoziranja. U tu svrhu, izračunate su MAE, MAPE, MSE i RMSE mjere prognostičke efikasnosti za svaki pojedini korišteni prognostički model. Dobiveni rezultati prikazani u tablici 31.

**Tablica 31.** Rezultati prognostičkih pogrešaka – drugi vremenski niz

| PROGNOSTIČKI MODELI                  | MAE       | MAPE   | MSE        | RMSE      |
|--------------------------------------|-----------|--------|------------|-----------|
| SEZONSKI NAIVNI I                    | 475,167   | 39,40  | 775.907    | 880,856   |
| SEZONSKI NAIVNI II                   | 359,667   | 30,85  | 402.241,3  | 634,225   |
| SEZONSKI NAIVNI IIa                  | 967,897   | 109,15 | 3.304.192  | 1.817,744 |
| HWM MODEL                            | 1.588,179 | 118,66 | 13.100.752 | 3.619,496 |
| HWM MODEL (Optimizirane vrijednosti) | 1.204,992 | 53,91  | 5.551.288  | 2.356,117 |
| SEZONSKI MULTIPLIKATIVNI MODEL       | 172,829   | 36,29  | 99.005,64  | 314,652   |

Izvor: Izrada autora

Srednje apsolutno odstupanje za sezonske naivne modele pokazuje da sezonski naivni model II daje najmanja odstupanja od stvarnih vrijednosti, točnije 360 dolazaka, dok sezonski naivni model IIa pokazuje najveća odstupanja, točnije 968 dolazaka. Srednja apsolutna postotna pogreška za sezonski naivni model II najniža je od svih korištenih modela i iznosi 30,85 %, dok je kod sezonskog naivnog modela IIa najveća i iznosi 109,15 %. Srednja apsolutna postotna pogreška ukazuje na to da su sezonski naivni model I i sezonski naivni model II pouzdani, dok se sezonski naivni model IIa smatra nepouzdanim u modeliranju promatrane pojave. Prosječno srednjekvadratno odstupanje najmanje je kod sezonskog naivnog modela II i iznosi 402.241 dolazaka, dok je najveće kod sezonskog naivnog modela IIa i iznosi 3.304.192 dolazaka. Prosječno apsolutno odstupanje, nakon optimizacije konstanti izgladivanja u Holt-Wintersovom multiplikativnom modelu, iznosi 1.205 dolazaka. Prosječno apsolutno postotno odstupanje iznosi 53,91 %. MAPE mjera prognostičke efikasnosti kazuje na nepouzdanost Holt-Wintersovog modela. Iako su vrijednosti mjera prognostičke efikasnosti značajno smanjene postupkom optimizacije konstanti izgladivanja, model i dalje nije pouzdan za prognoziranje promatrane pojave. Pri korištenju ovog modela prosječno srednjekvadratno odstupanje stvarnih od modeliranih vrijednosti iznosi 5.551.288 dolazaka. Najmanje prosječno apsolutno

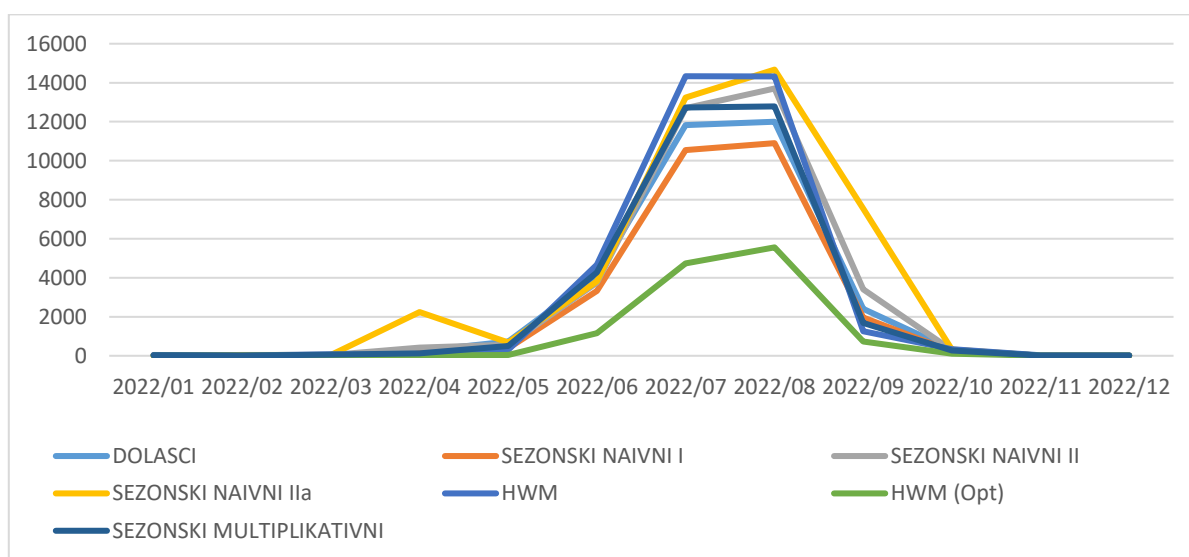
odstupanje zabilježeno je pri korištenju sezonskog multiplikativnog modela eksponencijalnog trenda i iznosi 173 dolaska. MAPE za ovaj model iznosi 36,29 %, što ukazuje na zadovoljavajuću pouzdanost korištenja ovog modela. Srednjekvadratno odstupanje iznosi 99.006 dolazaka. Izračunate mjere prognostičke efikasnosti ukazuju da su sezonski naivni model I, sezonski naivni model II te sezonski multiplikativni model eksponencijalnog trenda zadovoljavajući modeli za prognoziranje promatrane pojave. Sezonski naivni model IIa i Holt-Wintersov multiplikativni model nisu pouzdani. U tablici 32 prikazane su stvarne i modelirane vrijednosti broj dolazaka turista u Općini Pirovac od siječnja 2022. do prosinca 2022. godine.

**Tablica 32.** Stvarne i modelirane vrijednosti broja dolazaka turista u Općini Pirovac od siječnja do prosinca 2022. godine

| Razdoblje | DOLASCI | SEZONSKI NAIVNI I | SEZONSKI NAIVNI II | SEZONSKI NAIVNI IIa | HWM    | HWM (Opt) | SEZONSKI MULTIPLIKATIVNI |
|-----------|---------|-------------------|--------------------|---------------------|--------|-----------|--------------------------|
| 2022/01   | 13      | 18                | 9                  | 12                  | 47     | 14        | 23                       |
| 2022/02   | 20      | 17                | 26                 | 36                  | 19     | 10        | 18                       |
| 2022/03   | 33      | 50                | 40                 | 42                  | 79     | 33        | 58                       |
| 2022/04   | 237     | 217               | 413                | 2.242               | 35     | 10        | 129                      |
| 2022/05   | 731     | 394               | 561                | 684                 | 299    | 48        | 505                      |
| 2022/06   | 4.115   | 3.325             | 3.756              | 3.820               | 4.669  | 1.154     | 4.274                    |
| 2022/07   | 11.828  | 10.543            | 12.689             | 13.237              | 14.332 | 4.734     | 12.735                   |
| 2022/08   | 12.001  | 10.902            | 13.704             | 14.673              | 14.327 | 5.559     | 12.786                   |
| 2022/09   | 2.407   | 1.956             | 3.405              | 7.546               | 1.263  | 736       | 1.676                    |
| 2022/10   | 308     | 220               | 288                | 318                 | 338    | 103       | 273                      |
| 2022/11   | 16      | 9                 | 6                  | 7                   | 25     | 6         | 15                       |
| 2022/12   | 4       | 9                 | 2                  | 5                   | 31     | 8         | 10                       |

Izvor: Izrada autora

Najveća odstupanja stvarnih od prognoziranih vrijednosti broja dolazaka turista javljaju se kod Holt-Wintersovog multiplikativnog modela, dok kod preostalih modela odstupanja nisu znatno velika. Podaci su prikazani i grafički.



**Grafikon 16.** Stvarne i modelirane vrijednosti broja dolazaka turista od siječnja do prosinca 2022. godine  
Izvor: Izrada autora

Iz grafičkog prikaza vidljivo je da najznačajnija odstupanja od stvarnih vrijednosti imaju modelirane vrijednosti dobivene Holt-Wintersovim modelom s optimiziranim konstantama izgladivanja, zajedno s vrijednostima dobivenim korištenjem sezonskog naivnog modela I, koje prognoziraju manji broj dolazaka turista u odnosu na stvarni broj. Sezonski multiplikativni model eksponencijalnog trenda ima najmanja odstupanja od stvarnih vrijednosti, dok je najveći broj dolazaka turista prognoziran korištenjem sezonskog naivnog modela IIa.

## ZAKLJUČAK

Budući da turističke aktivnosti u Općini Pirovac imaju značajan ekonomski utjecaj, ključno je pronaći efikasan model za prognoziranje budućih kretanja broja dolazaka turista. Odabir odgovarajućeg modela ovisi o karakteristikama promatrane pojave, pri čemu dekompozicija vremenske serije ima ključnu ulogu. Dekompozicijom se vremenska serija rasčlanjuje na trend, sezonske, ciklične i slučajne komponente, ovisno o njihovoj prisutnosti. Na temelju dekompozicije odabire se model koji je prikladan za analizu vremenske serije s obzirom na karakteristike komponenti koje posjeduje. Nakon analize odabranim modelima, potrebno je izvršiti komparativnu analizu efikasnosti pojedinih prognostičkih modela.

U istraživanju su korišteni sekundarni podaci o kretanju broja dolazaka turista, prikupljeni od strane Turističke zajednice Općine Pirovac. Podaci o broju dolazaka turista u Općinu Pirovac su mjesečni i obuhvaćaju razdoblje od 2016. do 2022. godine. Na temelju deskriptivne analize vidljivo je kako je broj dolazaka turista u Općini Pirovac kontinuirano rastao od prve promatrane godine, s iznimkom 2020. godine kada je zabilježen značajan pad broja turista, što je posljedica globalne pandemije COVID-19 virusa. Najveći broj dolazaka turista u promatranom razdoblju zabilježen je 2018. godine, kada je dostigao 36.031 dolazaka.

Radi navedenih odstupanja u kretanju broja dolazaka 2020. godine, promatrano razdoblje podijeljeno je na dva vremenska podrazdoblja. Prvo podrazdoblje obuhvaća razdoblje prije pojave globalne pandemije uzrokovane COVID-19 virusom, od siječnja 2016. do prosinca 2019. godine, dok drugo podrazdoblje obuhvaća razdoblje od siječnja 2020. do prosinca 2022. godine, nakon pojave globalne pandemije. Temeljem komparativne analize efikasnosti korištenih modela, uočeno je kako su modelirane vrijednosti broja dolazaka turista dobivene svim korištenim modelima veće od stvarnih vrijednosti, pri čemu je najveći modelirani broj dolazaka turista izračunat Holt-Wintersovim multiplikativnim modelom. Izračunate mjere prognostičke efikasnosti za prvo podrazdoblje ukazuju kako su sezonski naivni model I i sezonski multiplikativni model eksponencijalnog trenda zadovoljavajući, dok se preostala tri modela smatraju nepouzdanima u prognoziranju analizirane pojave.

Na temelju modeliranih vrijednosti drugoga vremenskoga podrazdoblja, prognozirane su vrijednosti broja dolazaka turista za 2023. godinu korištenjem sljedećih modela: sezonski naivni modela I, sezonski naivnini modela II, sezonski naivnini modela IIa, Holt-Wintersovog multiplikativni model i sezonski multiplikativni model eksponencijalnog trenda. Izračunate

mjere prognostičke efikasnosti upućuju na to da su sezonski naivni model I, sezonski naivni model II te sezonski multiplikativni model eksponencijalnog trenda zadovoljavajući modeli za prognoziranje promatrane pojave. Međutim, sezonski naivni model IIa te Holt-Wintersov multiplikativni model nisu pouzdani u prognoziranju. Prognozirani ukupni broj dolazaka turista za 2023. godinu, sezonskim naivnim modelom I, iznosi 31.713 dolazaka. Od toga najveći broj dolazaka turista prognoziran je za mjesec kolovoz I iznosi 12.001 dolazak, dok je najmanji broj dolazaka prognoziran za prosinac i iznosi 4 dolaska. Korištenjem sezonskog naivnog modela II ukupni prognozirani broj dolazaka iznosi 35.766 dolazaka, najveći broj dolazaka prognoziran je za mjesec srpanj, te iznosi 13.113 dolazaka. Sezonski multiplikativni model eksponencijalnoga trenda prognozira najveći ukupni broj dolazaka turista u 2023. godini, točnije 40.760 dolazaka. Najveći broj dolazaka, 16.034 dolaska, prognoziran je za mjesec srpanj, dok je 13 dolazaka, ujedino i najmanji broj dolazaka prognoziran za prosinac. Uz 95 % vjerojatnosti, ukupan broj dolazaka u Općini Pirovac u 2023. godini očekuje se između 9.886 i 168.056 dolazaka.

Uspoređujući podrazdoblje prije pojave globalne pandemije uzrokovane pojavom COVID-19 virusa sa podrazdobljem nakon pojave globalne pandemije, da se zaključiti kako još nije došlo do turističkog, a time ni ekonomskog oporavka. Naime, u zadnjoj godini prvog promatranog podrazdoblja, točnije u 2019. godini, ostvareni broj dolazaka turista u Općini Pirovac iznosio je 35.970 dolazaka, što je 13,4 % više nego u zadnjoj godini drugog promatranog podrazdoblja nakon pojave globalne pandemije, gdje je 2022. godine broj ostvarenih dolazaka turista iznosio 31.713 dolazaka. Rezultati analize korištenih modela također ukazuju da su izračunate modelirane vrijednosti vremenskog podrazdoblja prije pojave globalne pandemije veće od modeliranih vrijednosti podrazdoblje nakon pojave globalne pandemije. Iznimno, modelirane vrijednosti dobivene sezonskim naivnim modelom IIa ukazuju na rast ukupnog broja dolazaka turista u 2022. godini za 12,5 % u odnosu na 2019. godinu.

Općenito, prognoze su vrlo rijetko ili nikada savršene, posebice kada je riječ o prognoziranju kretanja turističke potražnje. Na turističku potražnju utječe niz nepredvidivih čimbenika, poput vremenskih uvjeta, inflacije, potresa, vulkanskih erupcija, terorističkih napada, zaraznih bolesti i slično. Unatoč tome, analiza i prognoziranje turističkih kretanja ima značajan utjecaj na poslovne odluke svih subjekata u turističkome sektoru.



## LITERATURA

1. Bahovec, V., Erjavec, N.: *Uvod u ekonometrijsku analizu*, Zagreb, Element d.o.o., 2009.
2. Baldigara, T.: *Autorizirana predavanja iz kolegija Ekonometrija*, Sveučilište u Rijeci, Fakultet za menadžment u turizmu i ugostiteljstvu, Opatija, 2023.
3. Belullo, A.: *Uvod u ekonometriju*, Pula, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Odjel za ekonomiju i turizam, 2011.
4. Biljan-August, M., Pivac, S., Štambuk, A.: *Uporaba statistike u ekonomiji*, Ekonomski fakultet Sveučilište u Rijeci, II izdanje, Rijeka, 2009.
5. Carnot, N., Koen, V., Tissot, B.: *Econometric forecasting Great Britain*, Palgrave Macmillan, 2005.
6. Čizmešija, M., Sorić, P.: *Statističke metode za poslovno upravljanje*, Zagreb, Element d.o.o., 2011.
7. Dumičić, K., Buhovec, V. i drugi: *Poslovna statistika*, Element, Sveučilište u Zagrebu, 2011.
8. Everitt, B. S., Skrondal, A.: *The Cambridge dictionary of statistics*, Cambridge University Press, 2010.
9. Hayashi, F.: *Econometrics*, Princeton University Press, 2011.
10. Horvat, J., Mijoč, J.: *Osnove statistike*, Naklada Ljevak, Zagreb 2012.
11. Lovrić, Lj.: *Uvod u ekonometriju*, Rijeka, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2005.
12. Mladenović, Z., Nojković, A.: *Primenjena analiza vremenskih serija*, Beograd, Centar za izdavačku delatnost Ekonomskog fakulteta u Beograd, 2012.
13. Škrinjarić, T.: *Uvod u analizu vremenskih nizova*, Hrvatska narodna banka, Zagreb, 2023.
14. Šošić, I.: *Primijenjena statistika*, 2. izmijenjeno izdanje, Zagreb: Školska knjiga, 2006.
15. Turistička zajednica Općine Pirovac, <https://www.tz-pirovac.hr/>
16. Vrtiprah, V., Pavlić, I.: *Menadžerska ekonomija u hotelijerstvu*, Sveučilište u Dubrovniku, Dubrovnik, 2005.

## Popis ilustracija

Popis grafikona:

|  |    |
|--|----|
| <b>Grafikon 1.</b> Ukupan broj dolazaka turista u Općinu Pirovac u promatranom razdoblju .....   | 20 |
| <b>Grafikon 2.</b> Linijski prikaz broja dolazaka turista u Općinu Pirovac u promatranom razdoblju .....                                       | 20 |
| <b>Grafikon 3.</b> Stvarne i desezonirane vrijednosti broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine .....                   | 23 |
| <b>Grafikon 4.</b> Stvarne i desezonirane vrijednosti broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2020. do 2022. godine .....                   | 25 |
| <b>Grafikon 5.</b> Stvarne i modelirane vrijednosti prve vremenske serije – sezonski naivni model I .....                                      | 27 |
| <b>Grafikon 6.</b> Stvarne i modelirane vrijednosti prve vremenske serije – sezonski naivni model II .....                                     | 28 |
| <b>Grafikon 7.</b> Stvarne i modelirane vrijednosti prve vremenske serije – sezonski naivni model IIa .....                                    | 29 |
| <b>Grafikon 8.</b> Stvarne i modelirane vrijednosti prve vremenske serije od 2016. do 2019. godine– Holt-Wintersov multiplikativni model ..... | 33 |
| <b>Grafikon 9.</b> Stvarne i modelirane vrijednosti prve vremenske serije – Sezonski multiplikativni model eksponencijalnog trenda .....       | 35 |
| <b>Grafikon 10.</b> Stvarne i modelirane vrijednosti broja dolazaka turista od siječnja do prosinca 2019. godine .....                         | 37 |
| <b>Grafikon 11.</b> Stvarne i prognozirane vrijednosti druge vremenske serije – sezonski naivni model I .....                                  | 38 |
| <b>Grafikon 12.</b> Stvarne i prognozirane vrijednosti druge vremenske serije – sezonski naivni model II .....                                 | 39 |
| <b>Grafikon 13.</b> Stvarne i prognozirane vrijednosti druge vremenske serije – sezonski naivni model IIa .....                                | 40 |
| <b>Grafikon 14.</b> Stvarne i prognozirane vrijednosti druge vremenske serije – Holt-Wintersov multiplikativni model .....                     | 42 |
| <b>Grafikon 15.</b> Stvarne i prognozirane vrijednosti druge vremenske serije – Sezonski multiplikativni model eksponencijalnog trenda .....   | 45 |
| <b>Grafikon 16.</b> Stvarne i modelirane vrijednosti broja dolazaka turista od siječnja do prosinca 2022. godine .....                         | 47 |

## Popis slika:

|  |    |
|--|----|
| <b>Slika 1.</b> Korištena metodologija.....  | 19 |
| <b>Slika 2.</b> Statističko deskriptivni pokazatelji vremenske serije broja dolazaka turista u Općini Pirovac..... | 21 |
| <b>Slika 3.</b> Rezultati regresijske analize prvog vremenskog niza od 2016. do 2019. godine.....                  | 33 |
| <b>Slika 4.</b> Rezultati regresijske analize drugog vremenskog niza od 2020. do 2022. godine.....                 | 43 |
| <b>Slika 5.</b> Prognoziranje broja dolazaka turista u Općini Pirovac od siječnja do prosinca 2023. godine.....    | 45 |

## Popis tablica:

|   |    |
|---|----|
| <b>Tablica 1.</b> Centrirani pomični prosjeci vremenske serije broja dolazaka turista u Općinu Pirovac od 2016. do 2019. godine.....            | 22 |
| <b>Tablica 2.</b> Sezonski faktori i sezonski indeksi ostvarenog broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine.....          | 22 |
| <b>Tablica 3.</b> Sezonski prilagođene vrijednosti ostvarenoga broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine.....            | 23 |
| <b>Tablica 4.</b> Indeksi rezidualnih odstupanja ostvarenog broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine.....               | 23 |
| <b>Tablica 5.</b> Centrirani pomični prosjeci vremenske serije broja dolazaka turista u Općinu Pirovac od 2020. do 2022. godine.....            | 24 |
| <b>Tablica 6.</b> Sezonski faktori i sezonski indeksi ostvarenog broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2020. do 2022. godine.....          | 24 |
| <b>Tablica 7.</b> Sezonski prilagođene vrijednosti ostvarenoga broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2020. do 2022. godine.....            | 25 |
| <b>Tablica 8.</b> Indeksi rezidualnih odstupanja ostvarenog broja noćenja broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2020. do 2022. godine..... | 25 |
| <b>Tablica 9.</b> Sezonski naivni model I- modeliranje broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine.....                    | 26 |
| <b>Tablica 10.</b> Sezonski naivni model II - modeliranje broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine.....                 | 27 |
| <b>Tablica 11.</b> Sezonski naivni model IIa- modeliranje broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine.....                 | 28 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Tablica 12.</b> Vrijednosti razine pojave broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine – Holt-Wintersov multiplikativni model .....                        | 30 |
| <b>Tablica 13.</b> Trend vrijednosti broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine – Holt-Wintersov multiplikativni model .....                                | 30 |
| <b>Tablica 14.</b> Vrijednosti sezonske komponente ostvarenih broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine – Holt-Wintersov multiplikativni model .....       | 31 |
| <b>Tablica 15.</b> Modelirani broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine – Holt-Wintersov multiplikativni model .....                                       | 32 |
| <b>Tablica 16.</b> Modelirani broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine – Holt-Wintersov multiplikativni model (optimizirane konstante izgladivanja) ..... | 32 |
| <b>Tablica 17.</b> Vrijednosti koeficijenata .....  | 34 |
| <b>Tablica 18.</b> Modeliranje broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2016. do 2019. godine .   | 34 |
| <b>Tablica 19.</b> Mjere prognostičke efikasnosti za prvo podrazdoblje.....   | 35 |
| <b>Tablica 20.</b> Stvarne i modelirane vrijednosti broja dolazaka turista u Općini Pirovac od siječnja do prosinca 2019. godine .....  | 37 |
| <b>Tablica 21.</b> Sezonski naivni model I - prognoza broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2020. do 2023. godine .....  | 38 |
| <b>Tablica 22.</b> Sezonski naivni model II - prognoziranje broja dolazaka turista u Općini Pirovac za 2023. godinu .....   | 39 |
| <b>Tablica 23.</b> Sezonski naivni model IIa - prognoza broja dolazaka turista u Općini Pirovac za 2023. godinu.....  | 40 |
| <b>Tablica 24.</b> Vrijednosti razine pojave broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2020. do 2023. godine – Holt Wintersov multiplikativni model .....                        | 41 |
| <b>Tablica 25.</b> Trend vrijednosti broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2020. do 2023. godine – Holt-Wintersov multiplikativni model .....                                | 41 |
| <b>Tablica 26.</b> Vrijednosti sezonske komponente ostvarenih broja dolazaka turista u Općini Pirovac od 2020. do 2023. godine – Holt-Wintersov multiplikativni model.....        | 41 |
| <b>Tablica 27.</b> Prognozirani broja dolazaka turista u Općini Pirovac za 2023. godinu – Holt-Wintersov multiplikativni model .....  | 42 |
| <b>Tablica 28.</b> Prognozirani broja dolazaka turista u Općini Pirovac za 2023. godinu – Holt-Wintersov multiplikativni model (optimizirane konstante izgladivanja).....         | 42 |
| <b>Tablica 29.</b> Vrijednosti koeficijenata .....  | 44 |
| <b>Tablica 30.</b> Prognozirani broj dolazaka turista u Općini Pirovac za 2023. godinu.....   | 45 |
| <b>Tablica 31.</b> Rezultati prognostičkih pogrešaka – drugi vremenski niz .....  | 46 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Tablica 32.</b> Stvarne i modelirane vrijednosti broja dolazaka turista u Općini Pirovac od siječnja do prosinca 2022. godine ..... | 47 |
|--|----|