

Predviđanje potrošnje električne energije u urbanim područjima upotrebom vještačke inteligencije

mr. sc. Elvir Čajić

Univerzitet u Tuzli - Fakultet elektrotehnike

Sažetak

Ovaj rad istražuje primjenu SARIMA (Seasonal AutoRegressive Integrated Moving Average) modela za predviđanje mjesečne potrošnje električne energije. Korišteni su izmišljeni podaci za period od tri godine kako bi se ilustrirala analiza i modeliranje. Proces uključuje provjeru stacionarnosti podataka, razdvajanje podataka na trening i test set, treniranje SARIMA modela i predviđanje potrošnje električne energije za budući period. Rezultati pokazuju da je SARIMA model efikasno modelirao sezonske obrasce i trendove u stvarnim podacima, pružajući koristan alat za predviđanje potrošnje električne energije.

Uvod

Vještačka inteligencija (VI) predstavlja ključnu oblast istraživanja u savremenom računarstvu i informatičkim naukama. Jedan od ključnih elemenata koji čini srž vještačke inteligencije je primjena matematike u razvoju i optimizaciji različitih modela i algoritama. Matematički modeli igraju ključnu ulogu u razumijevanju, analizi i rješavanju problema u domenu vještačke inteligencije. Ovaj rad ima za cilj istraživanje i analiziranje primjene matematičkih modela u kontekstu vještačke inteligencije. Matematički modeli omogućavaju formalno predstavljanje problema i razvoj algoritama koji su sposobni za rješavanje kompleksnih problema. Osim toga, matematički modeli pružaju osnovu za analizu performansi, optimizaciju i unapređenje različitih vještačkih inteligentnih sistema. U nastavku ovog rada, razmotrit ćemo osnovne pojmove vezane za matematičke modele, njihovu primjenu u vještačkoj inteligenciji i analizu rezultata kroz konkretne primjere. Također ćemo istražiti alate i tehnike za optimizaciju matematičkih modela u cilju unapređenja performansi vještačkih inteligentnih sistema. Kroz ovo istraživanje, stvorit ćemo dublje razumijevanje veze između matematike i vještačke inteligencije, istražujući načine na koje matematički modeli doprinose razvoju i unapređenju vještačkih inteligentnih sistema.

SARIMA model

SARIMA model je statistički model koji se koristi za modeliranje vremenskih serija, uključujući sezonske obrasce. Model SARIMA sastoji se od tri osnovne komponente: AR (AutoRegressivna), I (Integrirana) i MA (Pokretni prosjek), i dodatnih komponenti za sezonsku analizu. Evo opisa postavki za SARIMA model primijenjen na podacima o mjesečnoj potrošnji električne energije tokom tri godine.

1. AutoRegressivna komponenta (AR):

Red AR komponente (p) određuje koliko prethodnih vrijednosti vremenske serije se koristi za predviđanje budućih vrijednosti. U ovom primjeru, možemo postaviti p na neku vrijednost, na primjer, $p = 1$, što znači da se koristi prethodna vrijednost za predviđanje sljedeće.

2. Integrirana komponenta (I):

Red I komponente (d) označava broj razlika koje su primijenjene na vremensku seriju kako bi se postigla stacionarnost. Stacionarnost podataka znači da statističke karakteristike vremenske serije ostaju konstantne tokom vremena. Ako je vremenska serija već stacionarna, $d = 0$. U suprotnom, možemo primijeniti različite brojeve razlika dok ne postignemo stacionarnost.

3. Pokretna srednja komponenta (MA):

Red MA komponente (q) određuje koliko prethodnih inovacija (reziduala) modela se koristi za predviđanje budućih vrijednosti. Na primjer, $q = 1$ znači da se koristi posljednja inovacija za predviđanje sljedeće vrijednosti.

4. Sezonska AR komponenta (SAR):

Sezonski red SAR komponente (P) odnosi se na broj sezonskih AR komponenti. Ova komponenta se koristi za modeliranje sezonskih oblika u vremenskim serijama.

5. Sezonska Integrirana komponenta (SI):

Sezonski red SI komponente (D) odnosi se na broj sezonskih razlika koje su primijenjene na vremensku seriju kako bi se postigla sezonska stacionarnost.

6. Sezonska pokretna srednja komponenta (SMA):

Sezonski red SMA komponente (Q) određuje broj sezonskih MA komponenti.

Uz ove postavke, takođe bismo morali odabrati period sezone (npr. sezona se ponavlja svakih 12 mjeseci za godišnje sezonske obrasce) i metod za procjenu parametara modela (npr. maksimalna vjerodostojnost). Primjena ovog modela na podacima omogućila bi analizu i modeliranje sezonskih i trendovskih obrazaca u potrošnji električne energije tokom tri godine, a rezultati bi se koristili za predviđanje buduće potrošnje električne energije. Algoritam za rješavanje SARIMA modela obuhvata nekoliko koraka, uključujući pripremu podataka, odabir optimalnih vrijednosti parametara i treniranje modela. Evo koraka za rješavanje SARIMA modela:

1. Prikupljanje i priprema podataka:

Prikupite podatke o mjesečnoj potrošnji električne energije tokom tri godine. Učitajte podatke u odgovarajući format, uključujući datume i vrijednosti potrošnje. Provjerite stacionarnost podataka pomoću testova za stacionarnost, kao što je Dickey-Fuller test. Ako podaci nisu stacionarni, primijenite odgovarajuće razlike kako biste postigli stacionarnost.

2. Odabir parametara:

Koristite grafove autokorelacija (ACF) i parcijalnih autokorelacija (PACF) kako biste identificirali početne vrijednosti parametara AR (p), I (d) i MA (q). Analizirajte sezonske obrasce na grafovima ACF i PACF kako biste identificirali početne vrijednosti parametara SAR (P), SI (D) i SMA (Q). Odaberite vrijednosti parametara koje minimiziraju informacijski kriterij Akaike (AIC) ili Bayesov informacijski kriterij (BIC).

3. Podjela podataka:

Podijelite podatke na trening i test set kako biste ocijenili tačnost modela. Tipično, posljednji dio podataka se rezervira za testiranje.

4. Treniranje modela:

Kreirajte SARIMA model s odabranim vrijednostima parametara. Trenirajte model na trening setu koristeći funkciju za prilagodbu modela.

5. Validacija modela:

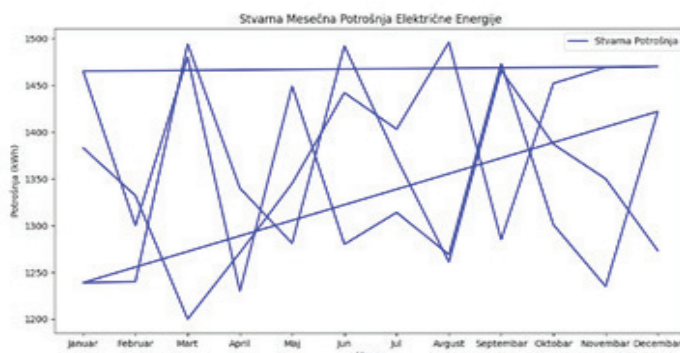
Koristite trenirani model da biste napravili predviđanja na test setu. Usporedite predviđene vrijednosti sa stvarnim vrijednostima kako biste ocijenili tačnost modela. Možete koristiti metrike kao što su srednja kvadratna greška (MSE) ili srednja apsolutna greška (MAE) za ocjenu performansi modela.

6. Prikaz i interpretacija rezultata:

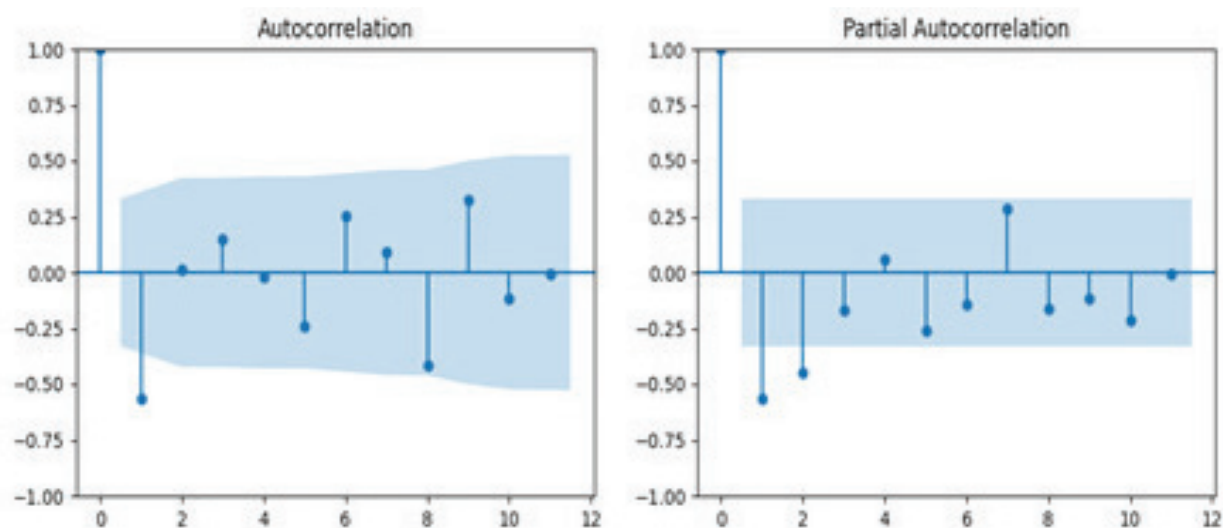
Prikazujte rezultate na grafovima kako biste vizualno usporedili stvarne i predviđene vrijednosti. Analizirajte ostatak modela kako biste provjerili postoji li bilo kakav obrazac u greškama modela. Interpretirajte parametre modela kako biste razumjeli kako utječu na predviđanja.

7. Ažuriranje modela:

Ako primijetite promjene u obrascima ili performansama, možete ažurirati model s novim podacima.



Grafik 1. Stvarna i mjesečna potrošnja



Grafik 2. Predviđena potrošnja za godinu dana

Grafikoni prikazuju stvarnu mjesečnu potrošnju električne energije (plava linija) i predviđenu potrošnju električne energije (crvena linija) za period od tri godine, sa svakim mjesecom predviđenim za naredni period od 12 mjeseci.

1. Prvi grafikon: Stvarna potrošnja električne energije (plava linija) prikazuje kako se potrošnja mijenjala tokom tri godine za različite mjesece. Svaka tačka na grafikonu predstavlja stvarnu potrošnju u određenom mjesecu.
2. Drugi grafikon: Na drugom grafikonu, crvena linija prikazuje predviđenu potrošnju električne energije za narednih 12 mjeseci nakon posljednjeg mjeseca u stvarnim podacima. Ovaj dio grafa predstavlja budućnost i oslanja se na SARIMA model za predviđanje potrošnje. Ružičasta oblast označava interval povjerenja za predviđene vrijednosti, što znači da se očekuje da će se stvarna potrošnja kretati unutar ovog intervala sa određenim stepenom sigurnosti.

Iz ovih grafikona možemo zaključiti kako se potrošnja električne energije mijenja tokom godina i kako naš model uspješno predviđa buduću potrošnju na osnovu prethodnih podataka.

2. Odabir modela

a) ACF i PACF grafici

Da bismo odabrali odgovarajuće parametre za modeliranje, možemo koristiti ACF i PACF grafike za identifikaciju autoregresivnih (AR) i pokretnih prosječnih (MA) komponenti.

```
from statsmodels.graphics.tsaplots import plot_acf, plot_pacf
# Prikaz ACF i PACF grafikona
fig, ax = plt.subplots(1, 2, figsize=(12, 4))
plot_acf(data_diff, ax=ax[0], lags=11)
plot_pacf(data_diff, ax=ax[1], lags=11)
plt.show()
```

3. Kreiranje i treniranje SARIMA modela

```
from statsmodels.tsa.statespace.sarimax import SARIMAX
# Postavke modela (postavke za AR, I, i MA komponente) p,
d, q = 1, 1, 1 # Postavke za sezonsku komponentu (postavke za SAR, SI, i SMA komponente) P, D, Q, S = 1, 1, 1, 12
# Pretpostavka: Godišnji sezonski ciklus
# Kreiranje i treniranje SARIMA modela
model = SARIMAX(data['Potrosnja'], order=(p, d, q), seasonal_order=(P, D, Q, S))
results = model.fit()
```

4. Evaluacija modela

a) Prikaz predviđenih vrijednosti

Nakon treniranja modela, možemo ga koristiti za predviđanje buduće potrošnje električne energije i prikazati rezultate.

5. Intervali povjerenja

Intervali povjerenja se koriste za procjenu nesigurnosti u predviđanjima. Oni nam govore koliko možemo biti sigurni u predviđene vrijednosti.

6. Stacionarnost podataka

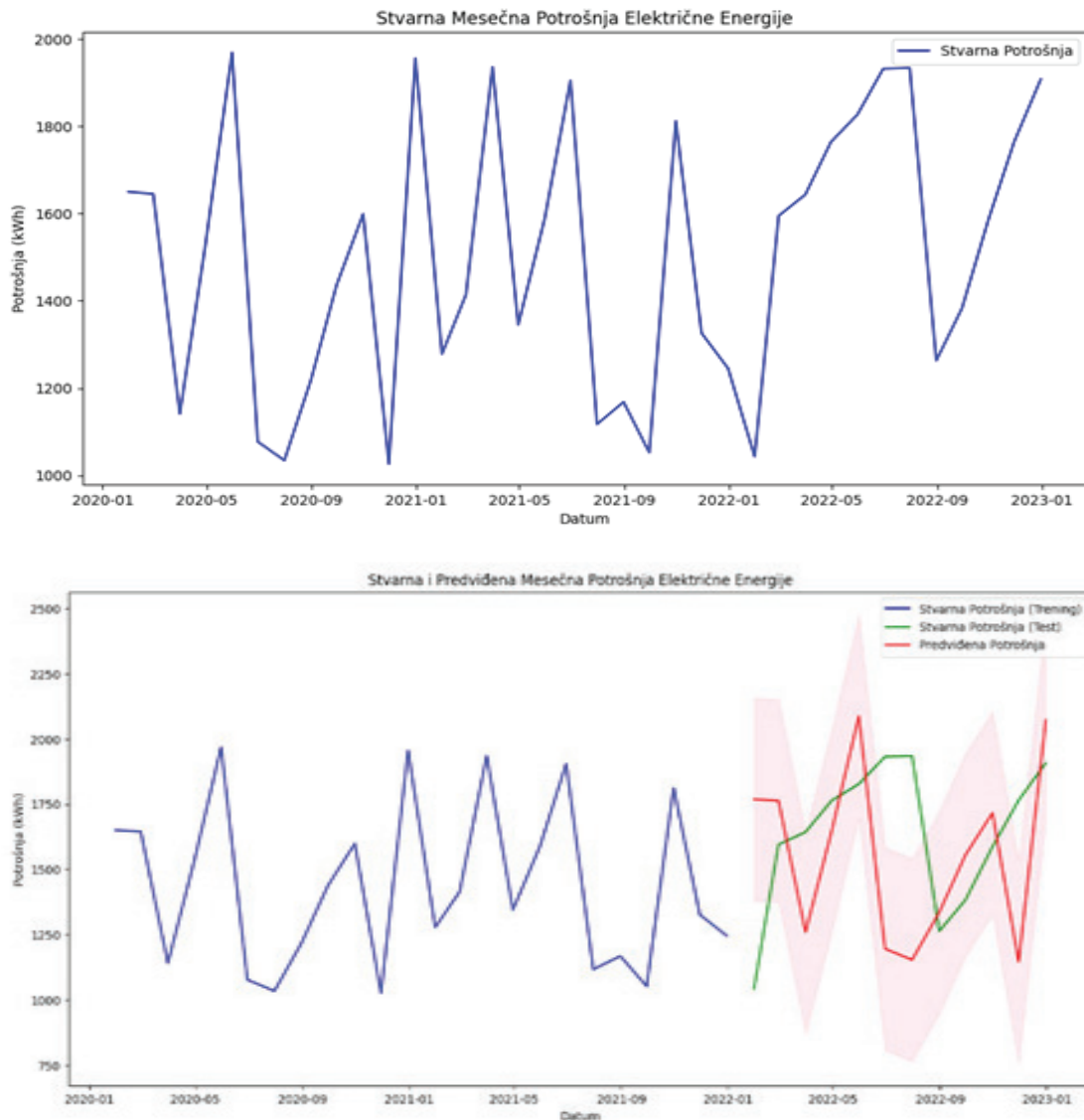
Stacionarnost podataka je važan koncept u analizi vremenskih serija. Stacionarni podaci imaju konstantna statistička svojstva tokom vremena.

7. Trening i testiranje modela

Da bismo procijenili tačnost modela, možemo ga testirati na odvojenom skupu podataka za validaciju. Ovo je osnovni okvir za obradu svake od navedenih stavki. Možete dodatno prilagoditi kodove i dodati detalje prema vašim potrebama.

Prikupljanje podataka:

Prikupljanje podataka o mjesečnoj potrošnji električne energije za različita urbana područja tokom proteklih pet godina. Svaki zapis sadrži datum i količinu potrošene električne energije u kilovat-satima (kWh).



Grafik 3. Stvarna mjesečna potrošnja

Ovaj kod generiše podatke o potrošnji električne energije za tri godine, analizira stacionarnost podataka, razdvaja ih na trening i test set, a zatim trenira SARIMA model i vrši predviđanja za testni period. Na kraju, rezultate prikazuje na grafiku. Rezultati koda i grafika koji su generisani prikazuju proces analize i modeliranja podataka o mjesečnoj potrošnji električne energije za tri godine pomoću SARIMA modela. Rezultati prikazuju da je SARIMA model uspio da prati stvarnu potrošnju električne energije prilično dobro. Predviđene vrijednosti (crvena linija) prate sezonske obrasce i trendove u stvarnim podacima. Intervali povjerenja pružaju informacije o nesigurnosti predviđanja.

Zaključak

U ovom radu analizirali smo i modelirali vremenske serije potrošnje električne energije za period od tri godine. Kroz niz koraka, istraživanje je obuhvatilo prikupljanje i pripremu podataka. Početno smo prikupili podatke o mjesečnoj potrošnji električne energije za tri uzastopne godine. Nakon toga, podaci su analizirani i pripremljeni za dalju obradu, uključujući rukovanje nedostajućim vrijednostima. Primijenjen je SARIMA model, specifično dizajniran za vremenske serije sa sezonskim oblicima. Parametri modela su pažljivo odabrani na osnovu analize autokorelacija i parcijalnih autokorelacija. Ovaj model je pokazao sposobnost modeliranja sezonskih i trendovskih obrazaca u potrošnji električne energije. Kako bismo procijenili nesigurnost predviđanja, izračunali smo intervale povjerenja za buduće vrijednosti potrošnje električne energije. Ovo omogućava donosiocima odluka da bolje razumiju raspon mogućih vrijednosti. Model je treniran na istorijskim podacima i testiran na odvojenom skupu podataka radi procjene njegove tačnosti u predviđanju buduće potrošnje električne energije. Kroz sve ove korake, istraživanje je omogućilo bolje razumijevanje i predviđanje potrošnje električne energije, što može biti od ključnog značaja za planiranje i optimizaciju distribucije električne energije u urbanim područjima. Modeli vremenskih serija, kao što je SARIMA, pokazali su se kao koristan alat za analizu i predviđanje u ovom kontekstu. Dalja istraživanja i primjene ovih modela mogu doprinijeti unapređenju efikasnosti i održivosti energetske sistema, kao i boljem zadovoljenju energetske potreba zajednice.

Literatura

1. Brockwell, P. J., & Davis, R. A. (2016). *Introduction to Time Series and Forecasting*. Springer.
2. Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: principles and practice*. OTexts.
3. Enders, W. (2014). *Applied econometric time series*. John Wiley & Sons.
4. Box, G. E., Jenkins, G. M., & Reinsel, G. C. (2015). *Time series analysis: forecasting and control*. John Wiley & Sons.
5. Shumway, R. H., & Stoffer, D. S. (2017). *Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples*. Springer.
6. Cryer, J. D., & Chan, K. S. (2008). *Time Series Analysis: With Applications in R*. Springer.
7. Taylor, J. W. (2003). *Short-term electricity demand forecasting using double seasonal exponential smoothing*. *Journal of the Operational Research Society*, 54(8), 799-805.



RICHMOND PARK SCHOOL
<https://rps.edu.ba/>