

PRIMENA NEURONSKIH MREŽA  
ZA UPRAVLJANJE SISTEMIMA  
DALJINSKOG GREJANJA U  
PRELAZNIM REŽIMIMA  
NEURAL NETWORK APPLICATION OF  
DISTRICT HEATING SYSTEM CONTROL IN  
TRANSIENT REGIMES

**Miloš simonović**

faculty of Mechanical engineering University of nis

**milan ogrizović**

district heating company niš



# uvod

- Preduzeća za proizvodnju i distribuciju toplotne energije su odgovorna za isporuku toplotne energije proizvedene u centralnom postrojenju do potrošača preko toplovodnog sistema. (tzv. daljinsko grejanje) Istovremeno, od njih se očekuje da održe cenu proizvedene i isporučene toplotne energije što je moguće nižom. Zato je rastuća potreba za optimizacijom proizvodnje toplotne energije kroz bolje predviđanje i upravljanje potrebama potrošača.
- Savremena preduzeća za proizvodnju i distribuciju toplotne energije suočavaju se i sa novim izazovima. Mnogi potrošači odlučuju da se isključuju sa sistema daljinskog grejanja i menjaju ga decentralizovanim ili individualnim sistemom grejanja. Preduzeća moraju da poboljšaju usluge i minimiziraju cenu u isto vreme.
- Treba istaći da je najznačajniji deo cene daljinskog grejanja cena proizvodnje toplotne energije. Optimizovanjem proizvodnje toplotne energije može se redukovati cena. Međutim, ovaj cilj nije moguće ispuniti bez detaljne analize profila korisničkih zahteva



# predviđanje

- Kako bi se poboljšala ekonomska efikasnost u radu sistema daljinskog grejanja, potrebno je prvo realizovati predviđanje potrošnje toplotne energije za ciljani deo. Ekonomsko upravljanje potrošnje sistema za daljinsko grejanje i planiranje je duboko zavisno od tačnog predviđanja.
- Predviđanje potrošnje toplotne energije se može klasifikovati kao široko ocenjivanje i vremenski zavisno predviđanje. Kod vremenski zavisnog predviđanja možemo napraviti podelu na dugoročno, srednjeročno i kratkoročno predviđanje. Dugoročno predviđanje se prikazuje za period od 10-20 godina u budućnosti tj. unapred sa ciljem planiranja celokupne distributivne energetske mreže. Kao glavni elementi se uzimaju nabavna cena toplotne energije odnosno goriva, potencijalni izvori energije koji mogu biti zamena za postojeće, energetska tržišta i marketinške strategije.



# predviđanje

- Srednjeročno predviđanje se odnosi na period od nekoliko nedelja unapred sa ciljem adekvatnog snabdevanja gorivom i programa održavanja.
- Kratkotročno predviđanje prikazuje period od nekoliko dana ili sati unapred kako bi se na dnevnom nivou planiralo i upravljalo sistemom daljinskog grejanja.
- U ovom radu se koristi kratkoročno predviđanje potrošnje toplotne energije za kratkoročni period. Ovo predviđanje je naročito značajno za prelazne režime grejanja kod kojih se za razliku od standardnog režima grejanje ne odvija u kontinuitetu za sve vreme utvrđenog perioda grejanja. Zato je jako važno postići kvalitetno predviđanje za kratak period kako bi se smanjila potrošnja toplotne enrgije i povećao koeficijent eksploatacije opreme. Ovo dobija na značaja još više zbog činjenice da su sistemi daljinskog grejanja u Srbiji po definiciji prekidni tj. grejanje se ne realizuje u kontinuitetu već se uključuje ujutru a isključuje u večernjim časovima.

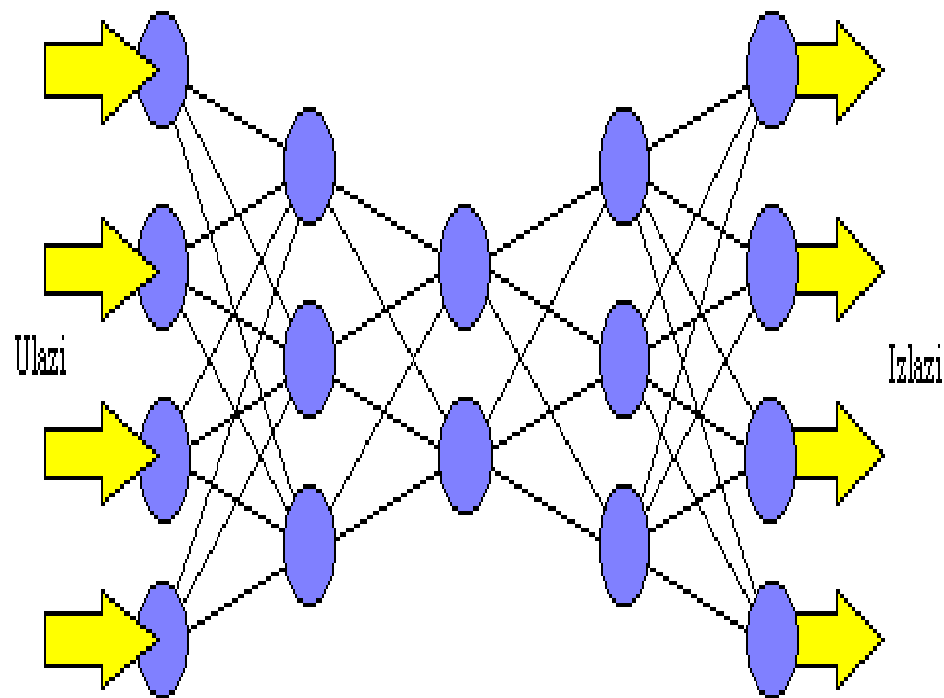
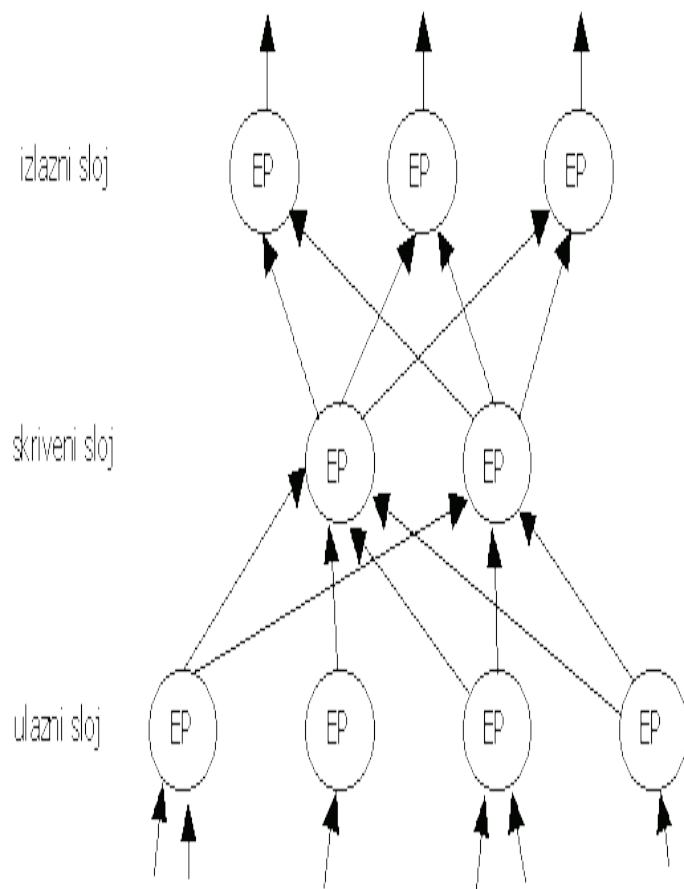


# veštačka neuronska mreža

- Veštačke neuronske mreže su kolekcija matematičkih modela koji simuliraju neke od posmatranih osobina bioloških nervnih sistema i povlače sličnosti sa prilagodljivim biološkim učenjem. Sačinjene su od velikog broja međusobno povezanih neurona (obrađujućih elemenata) koji su, slično biološkim neuronima, povezani svojim vezama koje sadrže propusne (težinske) koeficijente, koje su po ulozi slične sinapsama.
- Većina neuronskih mreža ima neku vrstu pravila za “obučavanje”, čime se koeficijenti veza između neurona podešavaju na osnovu ulaznih podataka. Drugim rečima, neuronske mreže “uče” preko primera (kao što deca uče da prepoznaju konkretan predmet, objekat, proces ili pojavu preko odgovarajućih primera) i poseduju sposobnost za generalizaciju posle obučavajućih podataka.
- Neuronske mreže mogu imati više slojeva. U ovom radu primenjuje se višeslojna neuronska mreža koja pored ulaznog i izlaznog sloja ima jedan skriveni sloj.



# feedforward neuronska mreža sa backpropagation algoritmom

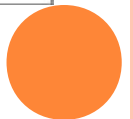
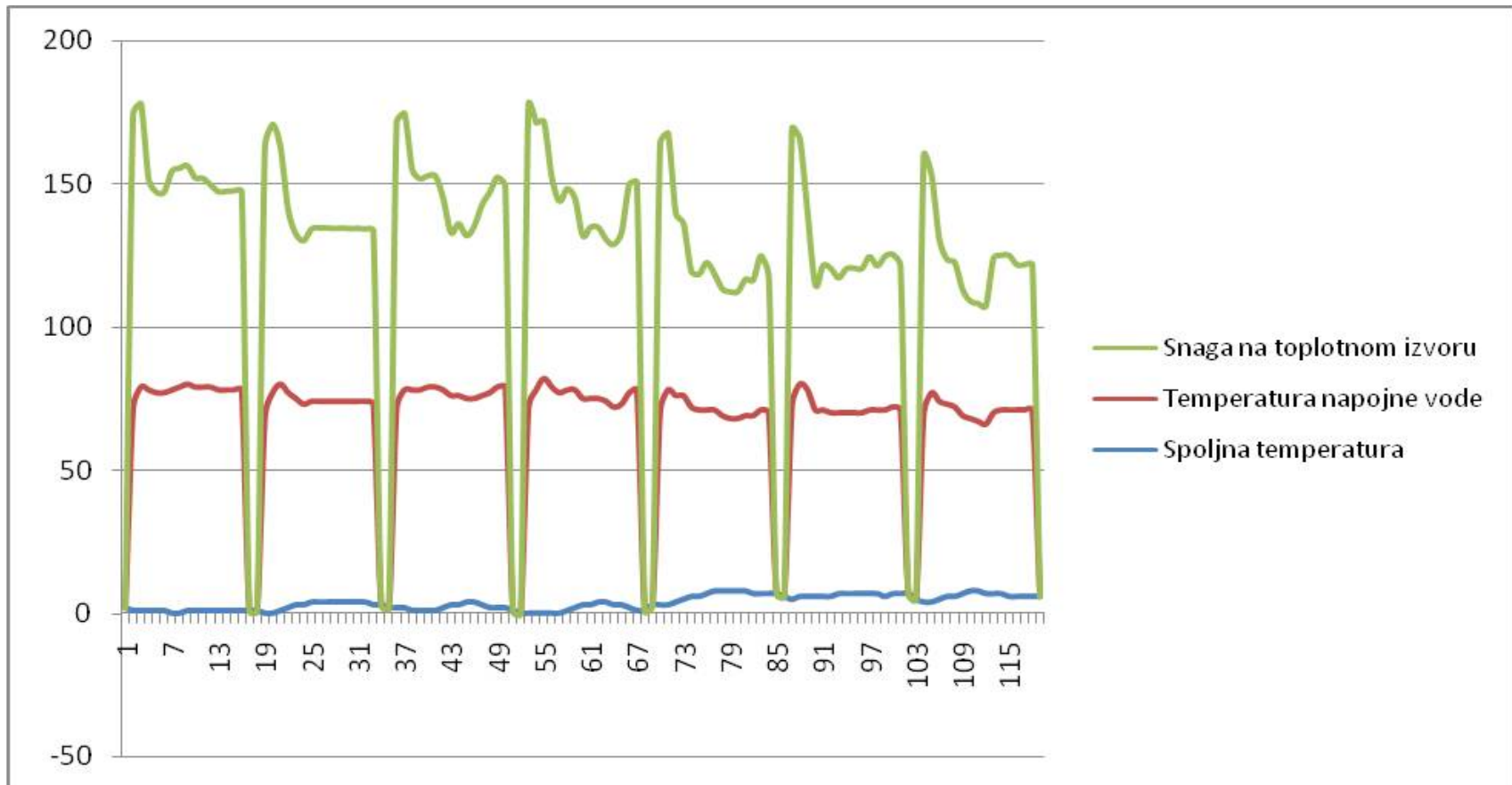


# primena neuronske mreže

- Za potrebe ovog rada iskorišćeni su stvarno izmereni podaci za period od 1. februara 2013. godine do 31.03.2013. godine, na toplotnom izvoru Krivi vir, grad Niš, region jugoistočne Srbije, instalisane snage 128 MW, koji može da koristi prirodni gas i mazut. U navedenom periodu korišćen je prirodni gas kao gorivo. Ukupno je upotrebljeno 1020 podataka. Podaci se odnose na prekidni režim grejanja od 5 sati ujutru do 21 sat uveče. Za period predviđanja je izabran period od jedne nedelje od 25. marta do 31. marta.
- Ulazni vektor za predviđanje se sastoji od podataka za prethodna 5 dana za snagu dobijenu na toplotnom izvoru, spoljne temperature za prethodna tri dana i spoljne temperature za dan koji se predviđa i vremena izraženog u satima. Problem kod adekvatnog predviđanja predstavlja i činjenica da je reč o prekidnom režimu ali i da se zbog visokih spoljnih temperatura u toku dana prekida grejanje u pojedinim intervalima.
- Izabrana neuronska mreža je feedforward neuronska mreža sa jednim skrivenim slojem i backpropagation algoritmom za učenje.

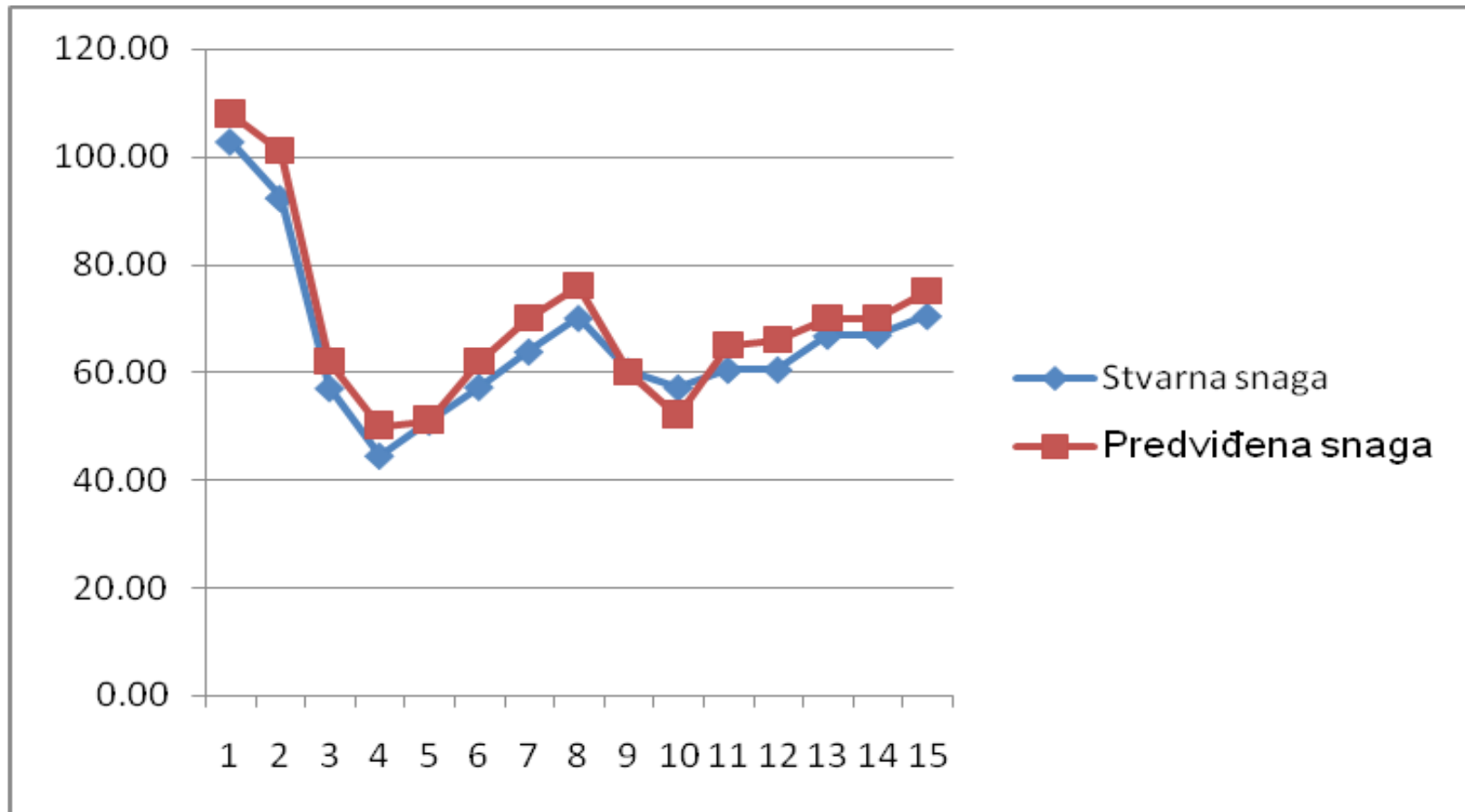


# primena neuronske mreže

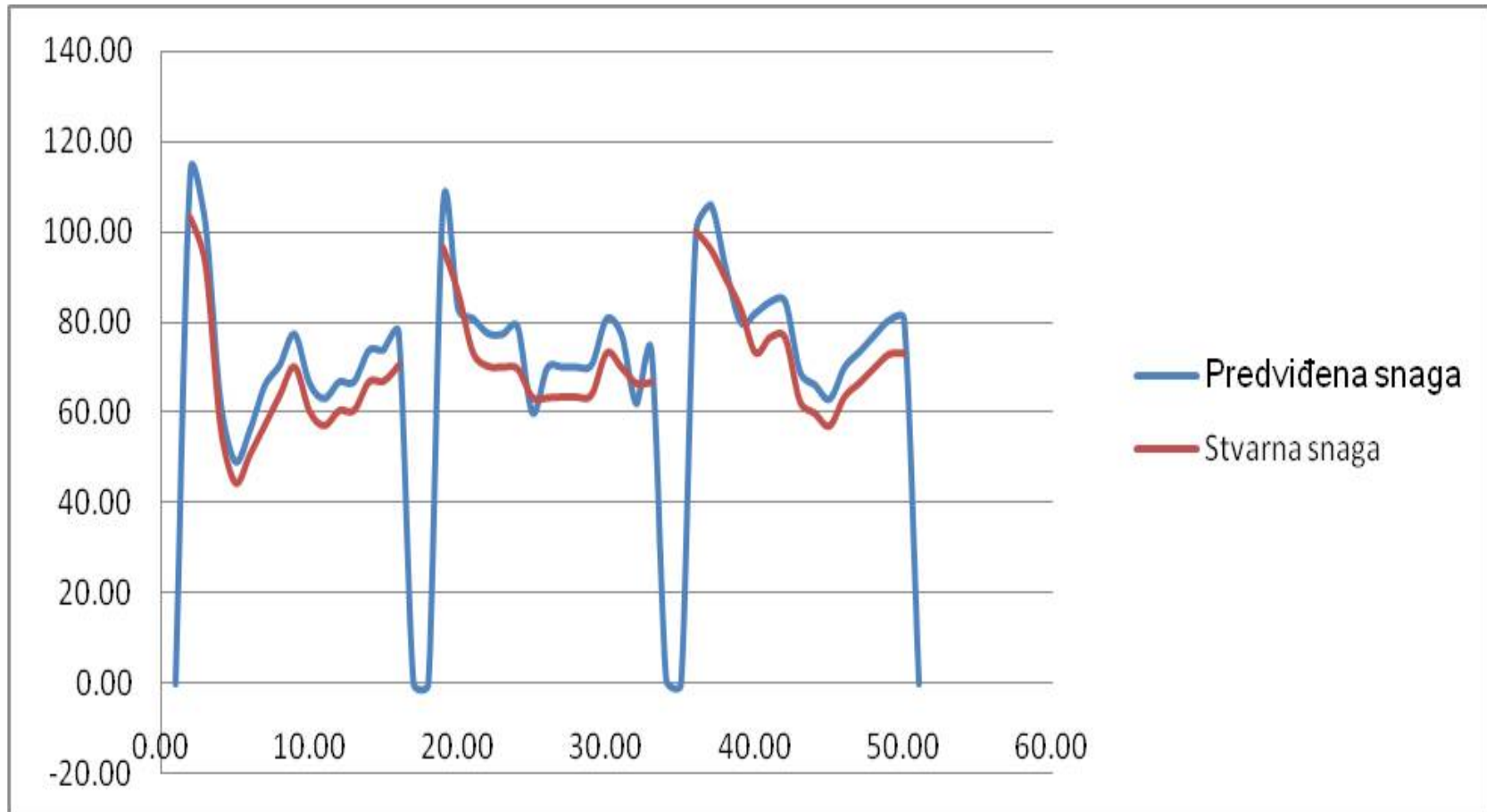




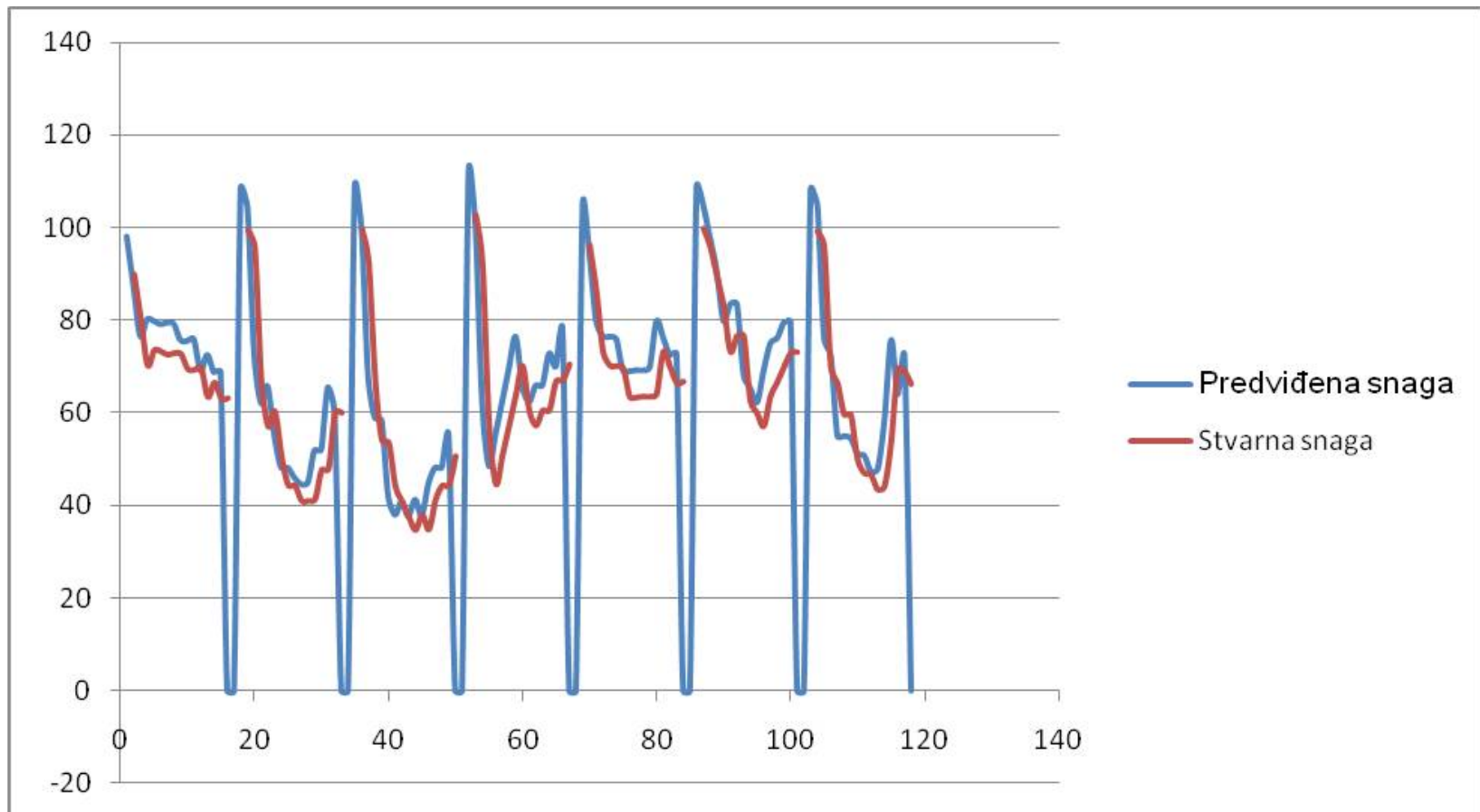
# rezultati i diskusija



# rezultati i diskusija



# rezultati i diskusija



# rezultati i diskusija

- Dobijeni rezultati simulacije su zadovoljavajući. Greška je mala a brzina učenja relativno velika. Poređenjem dobijenih rezultata sa stvarnim podacima pokazuje da se sa velikom sigurnošću mogu koristiti za korektno i tačno predviđanje. Bolji rezultati su dobijeni za kraće predviđanje, što se može ispraviti izborom drugog tipa neuronske mreže koji će realizovati simulaciju sa manjim procentom prosečne greške, ili većim skupom podataka.
- Važno je istaći da i pored toga što je prosečna greška najmanja kod najkraćeg predviđanja, može se zaključiti da je greška relativno ujednačena za sva tri perioda predviđanja. Ona iznosi 8.9% za predviđanje 1 dan unapred, 10.02% za predviđanje 3 dana unapred i 10.26% za predviđanje 7 dana unapred.
- Takođe se može primetiti za sva tri predviđanja da je u pojedinim intervalima predviđena snaga veća a u pojedinim manja od stvarne snage.
- Ukoliko bi se povećao skup podataka za učenje na period februar – mart 2011. i februar –mart 2012. godine, sa velikom



# zaključak

- Kratkoročno predviđanje snage na toplotnom izvoru realizovano je pomoću stvarno izmerenih podataka za period od 1. februara 2013. godine do 31.03.2013. godine, na toplotnom izvoru Krivi vir, grad Niš, region jugoistočne Srbije, instalisane snage 128 MW. Predviđanje je izvršeno pomoću feedforward neuronske mreže gde je poslednja nedelja marta 2013. godine uzeta za period predviđanja.
- Dobijeni rezultati predviđanja simulacijom neuronske mreže su upoređeni sa stvarnom snagom na toplotnom izvoru i dobijeni su zadovoljavajući rezultati sa prihvatljivom prosečnom greškom. Dobijeni zadovoljavajući rezultati su posebno važni iz razloga što se radi o prekidnim režimima gde je period grejanja od 5 časova ujutru do 21 čas uveće ali i zbog činjenice da je za učenje mreže uzet period u kome zbog visokih spoljnih temperatura dolazi do isključenja grejanja u pojedinim dnevnim intervalima. Treba uzeti u obzir i činjenicu da je kao spoljni faktor uzeta samo spoljna temperatura te će neka dalja istraživanja uzeti u obzir i ostale vremenske uslove.

