

PRIMENA INTEGRISANOG FAZI AHP PRISTUPA I VEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA U JAVNIM NABAVKAMA JP PTT SRBIJA

Nebojša Bojović, Dragana Macura, Nikola Knežević
Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet

Sadržaj: U ovom radu razvijen je višekriterijumski model za unapređenje procesa nabavke u poštanskim sistemima. Model je zasnovan na integrisanom fazi AHP pristupu i konceptu veštačkih neuronskih mreža. Fazi AHP pristup je primenjen za definisanje težina elemenata sistema i rangiranje alternativa, što je istovremeno i korišćeno za treniranje veštačke neuronske mreže. Izlaz iz predloženog modela je konačni rang alternativa, kao pomoć donosiocu odluke u procesu odlučivanja u javnim nabavkama JP PTT Srbije.

Ključne reči: fazi AHP pristup, veštačke neuronske mreže, proces donošenja odluka, javne nabavke

1. Uvod

Zakonom o javnim nabavkama ("Sl. glasnik RS", br. 116/2008) su regulisani uslovi, načini i postupci nabavke dobara i usluga, kada je naručilac tih nabavki državni organ ili organizacija. Javne nabavke imaju veliki ekonomski značaj u Evropi [1]. Tema studije [2] bila je metodologija za merenje performansi javnih nabavki. Prema izveštaju Evropske Komisije (2011.) javne nabavke u zemljama Evropske unije čine 19% bruto domaćeg proizvoda. Proces odlučivanja u javnim nabavkama je iz navedenih razloga veoma značajan, ali zbog specifičnosti, kao što su: nedostatak pravnih odredbi za inovativne nabavke, čest nedostatak političke podrške i nizak prag za prihvatanje rizika u javnim sektorima, ovaj proces je složen.

Aktuelnost i značaj razmatrane teme potvrđuju mnogobrojni objavljeni naučni radovi i urađene studije. Razvijeni su različiti modeli primenom metoda kao što su: Delfi metod [3], AHP pristup [4;3], teorija korisnosti [3;5], itd. Već 11 godina postoji i časopis „Journal of Public Procurement“, čije su teme iz oblasti: podrške malim i srednjim preduzećima, održivosti, inovacija, redukovanja troškova, ušteda, socio-ekonomskih vrednosti, itd.

Korišćeni pristupi u predloženom modelu su Analitički hijerarhijski pristup (Analytic Hierarchy Process, AHP) i Veštačke neuronske mreže (Artificial Neural Networks, ANN). Višekriterijumski pristup AHP razmatra probleme hijerarhijske strukture, čiji su osnovni elementi cilj, kriterijumi i alternative. Primenom matrica poređenja po parovima definiše se relativna težina elemenata sistema. Važna prednost ovog pristupa je i određivanje stepena konzistentnosti eksperata koji popunjavaju matrice poređenja. Ovo je omogućeno primenom metode jediničnog vektora. Relativne ocene su definisane primenom Satijeve skale,

koja je u ovom radu modifikovana za primenu fazi brojeva. Autori predlažu primenu fazi brojeva i fazi aritmetike zbog visokog stepena neizvesnoti i nepreciznosti u procesu donošenja odluka. Primenom intervalnih i opisnih ocena moguće je preciznije i lakše odrediti odnos elemenata sistema. Veštačke neuronske mreže se koriste za projektovanje ekspertskih sistema. Važan korak kod ANN je treniranje mreže. U ovom radu razvijen je integrisan model fazi AHP i ANN. Fazi AHP pristup daje nam parametre za treniranje neuronske mreže.

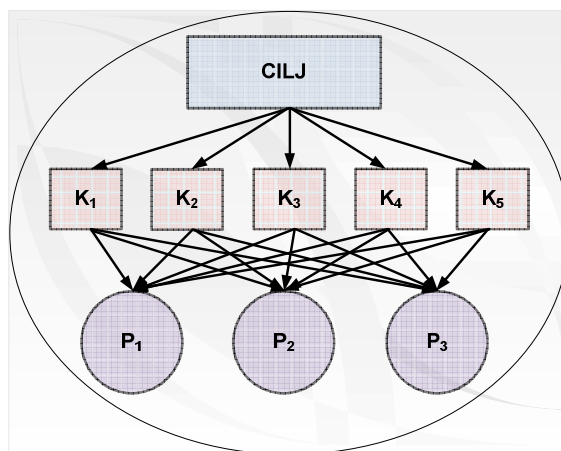
Posle Uvoda i obrazloženja relevantnosti teme, u ovom radu su prikazani osnovni koraci fazi AHP pristupa i veštačkih neuronskih mreža. U okviru ovog poglavlja prikazan je i integrisan model za javne nabavke JP PTT „Srbije“, zasnovan na spomenutim metodama. Poslednje poglavlje posvećeno je zaključnim razmatranjima.

2. Integrisan model za javne nabavke JP PTT „Srbija“

Predloženi model razmatra problem javnih nabavki u JP PTT „Srbija“. Razvijeni model za odabranu nabavku u poštanskim sistemima može da se posmatra kao dva podmodela.

Prvi podmodel podrazumeva primenu fazi AHP pristupa. Ovaj model čine 5 kriterijuma i 3 alternative (slika 1). Relevantni kriterijumi su: K_1 – Cena (cena ponuđača); K_2 – Rok izvršenja posla (predstavlja broj dana potreban za izvršenje posla); K_3 – Uslovi plaćanja (predstavlja broj rata); K_4 – Period važenja ponude (predstavlja broj dana važenja ponude); K_5 – Stručni tim (ocena kvaliteta ponuđača prikazana pomoću skale 1-5). Razmatrane alternative su: P_1 – Ponuđač 1; P_2 – Ponuđač 2; P_3 – Ponuđač 3.

Slika 1. AHP model



Vrednosti alternativa prema kriterijumima su definisane tabelom 1, dok su eksperti ocenjivali samo relativni značaj kriterijuma. Eksperti su koristili fazi brojeva, odnosno modifikovanu Satijevu skalu (tabela 2). U definisanju relativnih ocena težina elemenata sistema učestvovalo je 9 eksperata iz oblasti poštanskog saobraćaja. Nakon popunjenih matrica poređenja po parovima, izvršena je provera stepena konzistentnosti eksperata i posle prihvatanja ulaznih ocena, pristupilo se primeni fazi AHP pristupa.

Tabela 1 Ulazne vrednosti alternativa prema kriterijumima

	Merna jedinica	P ₁	P ₂	P ₃
K ₁	Novčana jedinica	100 000	150 000	115 000
K ₂	Mesec	24	19	22
K ₃	Broj rata	5	7	7
K ₄	Dan	30	30	20
K ₅	Ocena	5	3	4

Prvi korak u AHP pristupu je definisanje cilja, kriterijuma i alternativa. Zatim se definiše značaj jednog kriterijuma u odnosu na drugi, i jedne alternative u odnosu na drugu prema svakom kriterijumu posebno. Nakon što su matrice poređenja po parovima razvijene, model daje predlog za izbor alternative. Pretpostavimo da postoji n kriterijuma, K_i , i t alternativa, P_u . Za poređenje ovih elemenata koristi se Satijeva skala (Tabela 2).

Tabela 2 Satijeva skala sa fazi brojevima

Značaj	Opis	Fazi vrednost	Recipročna vrednost	Fazi recipročna vrednost
1	Isti značaj	(1,1,1)	1/1	(1,1,1)
2	Međuvrednost	(1,2,4)	1/2	(1/4,1/2,1)
3	Slaba dominantnost	(1,3,5)	1/3	(1/5,1/3,1)
4	Međuvrednost	(2,4,6)	1/4	(1/6,1/4,1/2)
5	Jaka dominantnost	(3,5,7)	1/5	(1/7,1/5,1/3)
6	Međuvrednost	(4,6,8)	1/6	(1/8,1/6,1/4)
7	Vrlo jaka dominantnost	(5,7,9)	1/7	(1/9,1/7,1/5)
8	Međuvrednost	(6,8,10)	1/8	(1/10,1/8,1/6)
9	Apsolutna dominantnost	(7,9,11)	1/9	(1/11,1/9,1/7)

Matrica „M“ je matrica poređenja kriterijuma, koja je popunjena na osnovu preporuka eksperata.

$$M = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \dots & K_j & \dots & K_n \\ \begin{matrix} K_1 \\ K_2 \\ \vdots \\ K_i \\ \vdots \\ K_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & & \vdots \\ \vdots & & 1 & \\ 1/a_{1n} & \dots & & 1 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n a_{i1} \quad \sum_{i=1}^n a_{i2} \quad \sum_{i=1}^n a_{ij} \quad \sum_{i=1}^n a_{in}$$

$$a_{ji} = 1/a_{ij} ; a_{ij} > 0 ; i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, n$$

Matrica „M'“ predstavlja normalizovanu matricu „M“, čiji su elementi obeleženi sa a'_{ij} .

$$M' = \begin{bmatrix} a'_{11} & a'_{12} & \dots & a'_{1n} \\ a'_{21} & & & \\ \dots & a'_{ij} & \dots & \\ a'_{n1} & \dots & & a'_{nn} \end{bmatrix} ; a'_{ij} = a_{ij} / \sum_{i=1}^n a_{ij} \quad (2)$$

Matrica „W” je sopstveni vektor matrice „M”, i naziva se vektor prioriteta. Faktor λ_{\max} , gde je n broj kriterijuma, je korišćen za izračunavanje indeksa konzistentnosti, CI.

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_i \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}; w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad (3)$$

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \left(w_i \cdot \left(\sum_{i=1}^n a_{ij} \right) \right) \quad (4)$$

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (5)$$

Nakon što je indeks konzistentnosti izračunat, koeficijent razmere konzistentnosti, CR, razmatra se kao odnos indeksa konzistentnosti i slučajnog indeksa, RI.

$$CR = CI / RI \quad (6)$$

Tabela 3 Vrednosti slučajnog indeksa, RI

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Za $CR > 0.1$, konzistentnost je zadovoljena. U suprotnom, procena eksperta treba da bude ponovo razmotrena.

Matrica „R” je transformisana matrica „M” sa elementima koji su fazi trouglasti brojevi, sa njihovim levim, srednjim i desnim vrednostima, a_{ijl} , a_{ijm} , a_{ijr} , respektivno, umesto prethodno korišćenih diskretnih brojeva.

$$R = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \dots & K_i & \dots & K_n \\ \begin{matrix} K_1 \\ K_2 \\ \vdots \\ K_i \\ \vdots \\ K_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} (1,1,1) & (a_{12l}, a_{12m}, a_{12r}) & \dots & (a_{1il}, a_{1im}, a_{1ir}) & \dots & (a_{1nl}, a_{1nm}, a_{1nr}) \\ (1 \div a_{12r}, 1 \div a_{12m}, 1 \div a_{12l}) & (1,1,1) & \dots & (a_{2il}, a_{2im}, a_{2ir}) & \dots & (a_{2nl}, a_{2nm}, a_{2nr}) \\ (1 \div a_{1ir}, 1 \div a_{1im}, 1 \div a_{1il}) & (1 \div a_{2ir}, 1 \div a_{2im}, 1 \div a_{2il}) & \dots & (1,1,1) & \dots & (a_{inl}, a_{inm}, a_{inr}) \\ (1 \div a_{1nr}, 1 \div a_{1nm}, 1 \div a_{1nl}) & (1 \div a_{2nr}, 1 \div a_{2nm}, 1 \div a_{2nl}) & \dots & (1 \div a_{inr}, 1 \div a_{inm}, 1 \div a_{inl}) & \dots & (1,1,1) \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Nakon poređenja svih definisanih kriterijuma, treba izvršiti međusobno poređenje alternativa u odnosu na svaki kriterijum (tabela 4). Elementi ove matrice su fazi trouglasti brojevi b_{ijl} , b_{ijm} , b_{ijr} i pokazuju preferenciju jedne alternative u odnosu na druge u odnosu na posmatrani kriterijum.

Tabela 4 Fazifikovano poređenje parova alternative u odnosu na kriterijum X_i

K_i	P_1	P_2	...	P_u	...	P_t
P_1	1,1,1	$b_{12l}, b_{12m}, b_{12r}$	...	$b_{1ul}, b_{1um}, b_{1ur}$	...	$b_{1tl}, b_{1tm}, b_{1tr}$
P_2	$1 / b_{12r}, 1 / b_{12m}, 1 / b_{12l}$	1,1,1	...	$b_{2ul}, b_{2um}, b_{2ur}$	...	$b_{2tl}, b_{2tm}, b_{2tr}$
...
P_u	$1 / b_{1ur}, 1 / b_{1um}, 1 / b_{1ul}$	$1 / b_{2ur}, 1 / b_{2um}, 1 / b_{2ul}$	...	1,1,1	...	$b_{uml}, b_{umm}, b_{umr}$
...
P_t	$1 / b_{1tr}, 1 / b_{1tm}, 1 / b_{1tl}$	$1 / b_{2tr}, 1 / b_{2tm}, 1 / b_{2tl}$	...	$1 / b_{utr}, 1 / b_{utm}, 1 / b_{utl}$	...	1,1,1

Ukupna težina cele fazi matrice poređenja parova je izračunata, za matricu „R“ [6]:

$$c_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ijl}; c_2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ijm}; c_3 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ijr} \quad (7)$$

Zatim, za svaki kriterijum, posebno, d_1 , d_2 i d_3 , treba izračunati na pomoću sledećih jednačina.

$$d_1 = \sum_{j=1}^n a_{ijl}; d_2 = \sum_{j=1}^n a_{ijm}; d_3 = \sum_{j=1}^n a_{ijr} \quad (8)$$

Sledeći korak je primena relacija (7) i (8) za fazi matrice poređenja parova alternative u odnosu na kriterijume. Ukupna težina, z_i , svakog kriterijuma je odnos između c_i i d_i , jednačina (9). Koristeći istu relaciju performanse svake alternative su izračunate. Pri čemu z_{i1} , z_{i2} i z_{i3} su leva, srednja i desna vrednost od z_i , respektivno.

$$z_{ik} = d_k / c_{4-k}; k = 1, 2, 3; i = 1, \dots, n \quad (9)$$

Matrica ukupnih težina svakog kriterijuma je modifikovana na osnovu sledeće jednačine [7,8]:

$$g_i = \sum_{i=1}^n (f_i * z_i) \quad (10)$$

Pri čemu je f_i sadašnja procenjena vrednost za razmatrani ulaz, a g_i je element modifikovane matrice ukupnih težina svih kriterijuma.

Defazifikacija je procedura izbora određene izlazne veličine. Postoji nekoliko metoda defazifikacije: Centar gravitacije, Poslednji maksimum, Prvi maksimum, Srednji maksimum, itd.; koja metoda će biti korišćena zavisi od donosioca odluka i njegovog znanja i iskustva.

Nakon objašnjenog prvog podmodela, predstavimo i drugi, koji primenjuje koncept neuronskih mreža za stvaranje ekspertskog sistema kao podršku odlučivanju za javne nabavke u poštanskim sistemima.

Veštačke neuronske mreže su nastale zbog potrebe stvaranja veštačkih ekspertskih sistema sposobnih za obavljanje „inteligentnih“ računanja. Neuronske mreže obrađuju podatke po biološkim principima, odnosno po principu bioloških neuronskih mreža. Prvi korak je prikupljanje gotovih obrazaca ponašanja sistema za obučavanje mreže. U ovom radu, izlazne vrednosti fazi AHP modela, relativne težine kriterijuma prema svakom ekspertu, su ulazne vrednosti sa kojima treniramo veštačku neuronsku mrežu. Izlazne vrednosti su konačne težine alternativa. Korišćenjem aplikacije za ANN u okviru softverskog paketa „Matlab“, jednostavno i brzo se razvija model za konkretan problem.

Konačni rezultati nakon primene razvijenog modela na primeru javnih nabavki JP PTT „Srbija“, a u skladu sa definisanim vrednostima iz tabele 1, međusobno konvergiraju tako da je P_1 uvek favorit, a drugi i treći ponuđač menjaju mesto u zavisnosti od eksperta.

3. Zaključna razmatranja

Problem javnih nabavki je višekriterijumski problem čiji se relevantni kriterijumi razlikuju po svojoj prirodi, i često su međusobno nekompatibilni i/ili konfliktni. Ukoliko je u kompaniji podrazumevano grupno donošenje poslovnih odluka, ceo proces odlučivanja se višestruko usložnjava. U ovom radu je predstavljena primena integrisanog fazi AHP pristupa i veštačkih neuronskih mreža za rešavanje problema u oblasti javnih nabavki. Primenom fazi AHP pristupa definišu se relativne težine elemenata sistema i konačni rang alternativa prema

datim ocenama svih uključenih eksperata. Za razvoj ekspertskog sistema primenjene su veštačke neuronske mreže, koje su obučavane na osnovu podataka dobijenih primenom fazi AHP pristupa. Konačno, u radu je razvijen višekriterijumski model za podršku odlučivanju na primeru javnih nabavki u JP PTT „Srbija“. Model je podesan i lako prilagodljiv za primenu i u drugim vrstama nabavki.

Ovaj rad je deo projekta TR36022: "Upravljanje kritičnom infrastrukturom za održivi razvoj u poštanskom, komunikacionom i železničkom sektoru Republike Srbije", koji se realizuje uz finansijsku podršku Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Literatura

- [1] "Public procurement in Europe Cost and effectiveness", A study on procurement regulation. Prepared for the European Commission by PwC, London Economics and Ecorys, March 2011
- [2] "Support for improvement in governance and management", SIGMA, OECD, European Union, August 2011
- [3] Hsueh S-L. "A fuzzy utility-based multi-criteria model for evaluating households' energy conservation performance: A Taiwanese Case Study", *Energies*, No. 5, pp. 2818-2834, 2012
- [4] Dobi K., Gugic J., Kancijan D. "AHP as a decision support tool in the multicriteria evaluation of bids in public procurement", Proceedings of the 32nd International Conference on Information Technology Interfaces, Croatia, 2010
- [5] Pauw J.C., Wolvaardt J.S. "Multi-criteria decision analysis in public procurement – a plan from the South", *Politeia*, Vol. 28, No. 1, pp. 66-88, 2009
- [6] Kong F., Liu H. "Applying Fuzzy Analytic Hierarchy Process to Evaluate Success Factors of E-commerce", *International Journal of Information and Systems Sciences*, vol. 1 no. 3-4, pp. 406-412, 2005
- [7] Jie L. H., Meng M. C., Cheong C. W. "Web Based Fuzzy Multicriteria Decision Making Tool", *International Journal of the Computer, the Internet and Management*, vol. 14, no. 2, pp. 1-14, 2006
- [8] Nuhodžić R., Macura D., Bojović N. "One Approach for management rail Marketing Strategies", *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, 44, pp. 237-255, 2010

Abstract: *Multicriteria model for the improvement of the public procurement process in postal systems is developed in this paper. The model is based on integrated fuzzy AHP approach and artificial neural networks. Fuzzy AHP approach is applied for determining the weights of system's elements and ranking the alternatives, at the same time this is used for training of the artificial neural network. The output of the system is the final alternative rank, as a support for decision maker in the decision making process for the public procurement in PE PTT "Srbija".*

Keywords: *fuzzy AHP approach, artificial neural networks, decision making process, public procurement*

APPLYING THE INTEGRATED FUZZY AHP APPROACH AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN PUBLIC PROCUREMENT IN PE PTT "SRBIJA"

Nebojša Bojović, Dragana Macura, Nikola Knežević