

PRIMENA VIŠEKRITERIJUMSKE ANALIZA U IZBORU OPREME ZA SORTIRANJE PAKETA

Milan Bukumirović, Aleksandar Čupić
Saobraćajni fakultet u Beogradu

Sadržaj: U radu se razmatra problem izbora tehničkog sistema sortiranja za poštanske centre. Za izabrane kvalitativne i kvantitativne karakteristike se određuju težinski koeficijenti kombinacijom AHP (Analytical Hierarchical Process) metode i primarno definisanih vrednosti od strane inicijalnog tima Saobraćajnog fakulteta. Razmatra se mogućnost da se, primenom teorije fuzzy skupova, proširi metoda za višekriterijumsko rangiranje, TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). U konkretnom problemu srećemo se sa alternativama koje su definisane kvalitativnim kriterijumima i/ili nepreciznim vrednostima što navodi na ideju da se metoda TOPSIS prilagodi rešavanju takvih problema rangiranja alternativnih rešenja u smislu više kriterijuma.

Ključne reči: poštanski paketi, težinski koeficijenti, AHP metoda, TOPSIS

1. Uvod

Na osnovu prognoziranog razvoja paketskog saobraćaja očekuje se da će u periodu do 2010-te godine obim paketskih pošiljaka na mesečnom nivou biti veći od 500.000 [2]. Ovakav razvoj isključuje mogućnost prilagodavanja postojećih tehničkih sistema za preradu paketa koji su trenutno na ivici svojih kapaciteta. Kao rešenje se nameće projektovanje novog ili više novih poštanskih centara koji bi bili opremljeni savremenim sistemima prerade uz maksimalno učešće mehanizacije i automatizacije rada.

U ovom radu biće ponuđena metodologija izbora infrastrukturne opreme poštanskih centara koja se sastoji iz kombinacije više poznatih metoda uz njihove izvesne modifikacije kako bi se što bolje odgovorilo na kompleksnost i osetljivost projektovanja poštanskog centra (PC-a).

Razlog za kombinaciju više metoda leži u činjenici da svaka od metoda ima svoje prednosti i nedostatke u smislu potenciranja jednih i marginalizovanja drugih faktora koji utiču na iskazivanje preferencija donosioca odluka (DO).

U ovom radu je upravo ukazano na neke mogućnosti projektanta PC-a kao donosioca odluke da kontroliše postupak višekriterijumske optimizacije kao i da učestvuje u izboru konačnog rešenja.

Predložena metodologija ogleda se kroz:

- određivanje sistema kriterijuma za ocenu alternativnih rešenja;
- određivanje relativnog značaja kriterijuma;
- izbor metode i programskog paketa za uspostavljanje ranga alternativa;
- rangiranje alternativa.

Ovakvim pristupom omogućava se donosiocu odluke (projektantu) da poveže sve podatke i relacije pri višekriterijumskoj optimizaciji u jednu racionalnu celinu.

2. Određivanje sistema kriterijuma i njihovog relativnog značaja

U konkretnom slučaju vrednovanja kvalitativnih i/ili kvantitativnih karakteristika poštanskih centara izabran je pristup preliminarnog definisanja težina koji je realizovao inicijalni tim sa Saobraćajnog fakulteta, a koji je kombinovan sa AHP metodom. Aritmetička sredina dobijenih vrednosti predstavlja konačni vektor težina. Metodu analitičkih hijerarhijskih procesa (AHP) razvio je Tomas Saaty početkom sedemdesetih godina prošlog veka [5] i kao opšte poznata ovde neće biti objašnjavana.

U okviru softvera Expert Choice sam proces ocenjivanja i određivanja preferenci kriterijuma se sprovodi na sledeći način [7]: Pošto su na početku definisani neki osnovni parametri modela (među njima i broj kriterijuma) generiše se, tzv. matrica procene. Matrica procene je kvadratnih dimenzija, jednakim broju kriterijuma u modelu. Na glavnoj dijagonali matrice, evidentiraju se jedinice, dok se ostale vrednosti unose kao rezultat međusobnog poređenja svakog kriterijuma sa svakim, na osnovu skale od devet tačaka [5] (slika 1.). Pritom se unose samo direktne vrednosti, dok se invertovane automatski generišu.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
K1	1.00	4.00	2.00	3.00	5.00	8.00	2.00	3.00	9.00	8.00
K2	0.25	1.00	0.33	0.50	2.00	4.00	0.33	0.50	5.00	4.00
K3	0.50	3.00	1.00	3.00	4.00	7.00	0.50	4.00	8.00	7.00
K4	0.33	2.00	0.33	1.00	3.00	6.00	0.33	2.00	7.00	6.00
K5	0.20	0.50	0.25	0.33	1.00		0.25	0.33		3.00
K6	0.13	0.25	0.14	0.17		1.00				
K7	0.50	3.00	2.00	3.00	4.00		1.00			
K8	0.33	2.00	0.25	0.50	3.00			1.00		
K9	0.11	0.20	0.13	0.14					1.00	
K10	0.13	0.25	0.14	0.17	0.33					1.00

1.00	1.00
2.00	0.50
3.00	0.33
4.00	0.25
5.00	0.20
6.00	0.17
7.00	0.14
8.00	0.13
9.00	0.11

Slika 1. Ekran za definisanje vektora težinskih koeficijenata

Nakon definisanja matrice procene, algoritam rada se preuzima od AHP metode i njenog prvog koraka, izračunavanja poretka kriterijuma u modelu.

Konačne vrednosti težinskih koeficijenata W_1, W_2, \dots, W_{10} , koje će biti unete u model odlučivanja modifikovanom TOPSIS metodom, dobijaju se kao aritmetičke sredine vrednosti koje su preliminarno definisane i vrednosti težinskih koeficijenata dobijenih AHP metodom (K_1 do K_{10}) što je ilustrovano tabelom 1.

$$W_i = \frac{w_i + K_i}{2}, \quad i = 1, 2, \dots, 10 \quad (1)$$

Tabela 1. Postupak dobijanja „konačnih” vrednosti težinskih koeficijenata

Kriterijum		Početne težine w_i	Težine dobijene AHP metodom	Konačne vrednosti težinskih koeficijenata W_i
Kapacitet prerade	Kapacitet	0.185	0.244	0.214
	Procenat obrađenosti pošiljaka	0.095	0.069	0.082
Tehničko rešenje	Fleksibilnost sistema	0.170	0.174	0.172
	Snaga pogonskih motora	0.120	0.109	0.115
	Maksimalne dimenzije pošiljaka	0.075	0.048	0.062
Layout	Ukupna površina mašine	0.025	0.023	0.024
Ekonomski činioci	Cena	0.175	0.205	0.190
	Eksploatacioni troškovi	0.110	0.089	0.099
Ostali činioci	Rok isporuke mašine i garancije	0.020	0.016	0.018
	Ekološki faktori (nivo buke, prašina, otpadne materije, uslovi rada...)	0.025	0.023	0.024
Σ		1.000	1.000	1.000

Kao što vidimo primena AHP metode je uticala da neki od kriterijuma dobiju još na značaju dok su drugi izgubili na važnosti.

3. Izbor metode i programskog paketa za uspostavljanje ranga alternativa

U ovoj fazi se bira metoda višekriterijumske analize kojom se prethodno definisane alternative vrednuju na osnovu usvojenih kriterijuma i njihovih težinskih koeficijenata.

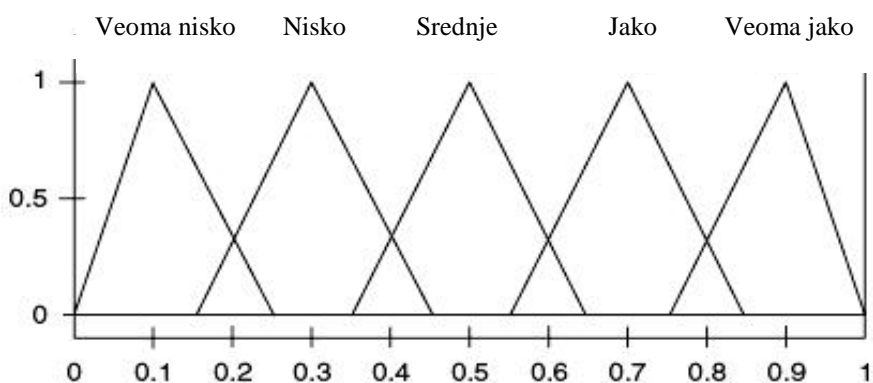
Chen & Hwang (1992) [1] ističu: „većina realnih problema višeatributivnog odlučivanja sadrži kombinaciju fuzzy (rasplinutih) i nerasplinutih (eng. crisp) podataka”. Jasno je da, u nekim slučajevima, vrednosti x_{ij} koje određene alternative uzimaju po pojedinim kriterijumima nisu date kvantitativno, već kroz odgovarajuće lingvističke izraze. Tako možemo reći da je fleksibilnost sistema „veoma zadovoljavajuća” ili da je nivo buke „veoma nizak” i sl. [3]. Koncept lingvističkih varijabli je veoma koristan u radu sa problemima koji su previše kompleksni ili loše definisani da bi bili razumljivo opisani konvencionalnim kvalitativnim izrazima [8].

Drugim rečima, kada vršimo rangiranje alternativnih tehničkih sistema za sortiranje paketa u GPC-u, neki od kriterijuma će biti izraženi kroz numeričke vrednosti (cena sistema, kapacitet, snaga pogonskih motora, eksploatacioni troškovi itd.), dok će ostalima biti pripisane lingvistički iskazi (dobar, loš, nizak, zadovoljavajuć i sl.). Prema prethodno rečenom proizilazi da su određene vrednosti x_{ij} po nekim kriterijumima jedna ili više reči, npr. „kratak rok isporuke”, „nizak nivo buke”, „veoma fleksibilan sistem”.

Činjenica da se u matrici odlučivanja (D) pojavljuju obe vrste podataka (rasplinutih i nerasplinutih) navodi na zaključak da je potrebno izvršiti modifikaciju klasičnih metoda višeatributivnog odlučivanja (VAO), odnosno višekriterijumske analize (VKA). Postoji više razloga koji determinišu koji će od kriterijuma po kojima se vrši rangiranje biti izražavan lingvističkim promenljivim. Neki od kriterijuma se jednostavno ne mogu kvantifikovati dok se drugi, usled nemogućnosti obezbeđivanja preciznih numeričkih podataka, izražavaju aproksimativno pomoću fuzzy brojeva [6].

Predloženi metod [1] za rešavanje problema fuzzy VAO se sastoji od dva koraka. U prvom koraku, lingvistički izrazi ili fuzzy brojevi se pretvaraju u realne brojeve, uz napomenu da se u slučaju lingvističkih izraza najpre vrši njihova konverzija u fuzzy brojeve koji se zatim konvertuju u realne. Nakon toga su svi podaci u matrici D realni brojevi tako da se u sledećem koraku može koristiti bilo koja od klasičnih metoda VAO. U ovom slučaju to će biti TOPSIS metoda koja je predstavljena u nastavku rada.

U literaturi [1] autori su predvideli osam skala za konverziju lingvističkih izraza u fuzzy brojeve. Koja će se skala upotrebiti zavisi od ukupnog broja lingvističkih iskaza koji će se konvertovati u fuzzy brojeve [4]. Na slici 2. prikazana je skala sa 5 iskaza koja je korišćena u ovom radu.



Slika 2. Skala za konverziju u fuzzy brojeve u slučaju pet lingvističkih iskaza

Korišćenjem skala za konverziju lako se konvertuju određeni lingvistički izrazi u fuzzy brojeve tako da npr. lingvističkom iskazu „srednji” (kada se usvoji skala sa pet lingvističkih izraza) odgovara trouglast fuzzy broj (0.35, 0.5, 0.65), što je prikazano na slici 2.

U sledećem koraku, fuzzy brojevi se konvertuju u realne. Defazifikovana vrednost fuzzy broja \mathbf{A} se dobija kao srednja vrednost tzv. maksimalnog i minimalnog skupa. Funkcija pripadnosti ovim skupovima se definiše kao:

$$\mu_{\max}(x) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & \text{ostalo} \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{\min}(x) = \begin{cases} 1-x, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & \text{ostalo} \end{cases} \quad (3)$$

Desna pomerenost, $\mu_R(\mathbf{A})$, leva pomerenost, $\mu_L(\mathbf{A})$, i ukupna pomerenost, $\mu_T(\mathbf{A})$, fuzzy broja \mathbf{A} definiše se kao:

$$\mu_R(\mathbf{A}) = \max_x [\min(\mu_A(x), \mu_{\max}(x))] \quad (4)$$

$$\mu_L(\mathbf{A}) = \max_x [\min(\mu_A(x), \mu_{\min}(x))] \quad (5)$$

$$\mu_T(\mathbf{A}) = \frac{\mu_R(\mathbf{A}) + 1 - \mu_L(\mathbf{A})}{2} \quad (6)$$

Na ovaj način se za svaki fuzzy broj u matrici D može izračunati ukupna pomerenost nakon čega su sve vrednosti u matrici D realni brojevi tako da je za rangiranje alternativa moguće primeniti bilo koju metodu VAO.

3.1 Formiranje alternativa tehničkog sistema sortiranja paketa

Na osnovu prognoze broja paketskih pošiljaka u unutrašnjem i međunarodnom saobraćaju datih u [2] došlo se do zaključka da nominalni kapacitet projektovanog sistema ne sme biti manji od 3000 pak/h jer je prognoza pokazala da će broj paketa na mesečnom nivou do kraja 2008 godine biti 450.000 što je preko 20.000 paketa dnevno. U tom slučaju bi bilo potrebno osmočasovno radno vreme za preradu prispelih paketa. Statistička raspodela obima paketskog saobraćaja unutar jednog meseca (na nedeljnom, dnevnom i časovnom nivou) nije rađena ali je jasno da će u pojedinim danima biti znatno više od 20.000 paketa (30-40.000) uz neravnomerno pristizanje u toku dana tako da bi GPC imao radno vreme u 2 ili 3 smene po potrebi.

Zahtevi brze, efikasne i pouzdane usluge prenosa paketa dodatno pooštavaju kriterijume prihvatljivosti određenog tehničkog sistema jer je potrebno izvršiti sortiranje u strogo definisanom vremenskom okviru koji „ne trpi” improvizacije i kašnjenja nastala kao prebacivanje neprerađenih paketa u sledeći radni dan. Daleko je kompleksnije odrediti maksimalni kapacitet projektovanog sistema jer je radni vek sistema duži od 20 godina što predstavlja vremenski period koji prognoza ne pokriva. Autori su na osnovu statističkih i nestatističkih analiza datih u [2] zaključili da nije ekonomski opravdano uvoditi sisteme čiji je nominalni kapacitet veći od 12.000 pak/h.

Alternativa 1. prvu alternativu čini porodica sistema sortiranja sa gurajućim elementima (radnim organom). U ovu grupu spadaju tri sistema: Pusher Diverter PD 40, Gate Diverter GD80 i Swing Arm Diverter SA 120 čiji su karakteristični parametri dati u tabeli 2.

Alternativa 2. DRS sistem – sistem sortiranja sa poprečnim kliznim papučicama čije su osnovne karakteristike takođe date u tab. 2.

Alternativa 3. treća alternativa je DDS sistem – odnosno sistem sa zakretnim platformama (tab 2). Treba reći da pneumatski sistem sa mehovima (Pneumatic Tilt-Tray Sorter) spada u ovu porodicu sortera. Ovaj sistem je, po rečima proizvođača, dvostruko jeftiniji od sistema sličnih karakteristika ali nije posebno uzet u obzir zbog ograničenja u pogledu maksimalne mase paketa koju može da sortira (maksimalno 11,5 kg).

Alternativa 4. DCS sistem – sistem sa poprečnim kaiševima, predstavlja četvrtu alternativu čije su osnovne karakteristike date u tabeli 2.

Polazeći od tabele 1 gde je definisan skup kriterijuma i date oznake težinskih koeficijenata, uzimajući u obzir detaljne tehničke opise ponuđenih alternativa date u [2] dobijena je matrica odlučivanja (tabela 2). Alternative po nekim od kriterijuma uzimaju veoma jasne vrednosti, koje nije potrebno posebno komentarisati, dok po nekim kriterijumima treba izvršiti kompleksnu analizu međusobnog odnosa alternativa jer predstavljaju skup više karakteristika sistema prerade paketa.

Tabela 2. Karakteristični parametri tehničkih sistema sortiranja – početna matrica odlučivanja

Kriterijum \ Alternativa	Sistem sa gurajućim elementom	DRS	DDS	DCS
Kapacitet (pak/sat)	3000	9000	9600	11040
Procenat obrađenosti pošiljaka (%)	98	99	95	92
Fleksibilnost sistema	veoma velika	veoma mala	velika	srednja
Snaga pogonskih motora	velika	srednja	mala	velika
Maksimalne dimenzije pošiljaka (kg)	34	50	50	31,5
Ukupna površina mašine	srednja	velika	mala	veoma mala
Cena (10^6 €)	oko 1	oko 1,8	oko 1,5	oko 2
Eksploatacioni troškovi (10^3 € / god)	oko 80	oko 95	oko 90	oko 110
Rok isporuke mašine i garancije	2	4	3	6
Ekološki faktori (nivo buke, prašina, otpadne materije, uslovi rada...)	75 dB	85 dB	73 dB	70 dB

Na osnovu prethodne tabele, formira se matrica odlučivanja D gde su alternative imenovane respektivno sa A_1, A_2, A_3, A_4 , dok su kriterijumi označeni redom kao X_1, X_2, \dots, X_{10} . Matrica se, prema slici 2, transformiše u (7) uz napomenu da su alternative uzimale vrednosti izražene kroz fuzzy brojeve po kriterijumima cenovnog tipa (X_7, X_8):

$$D = \begin{matrix} & \begin{matrix} \max & \max & \max & \min & \max & \min & \min & \min & \min & \min \end{matrix} \\ & \begin{matrix} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 & X_8 & X_9 & X_{10} \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{matrix} & \left| \begin{matrix} 3000 & 98 & (0,8,0,9,1,1) & (0,6,0,7,5,0,9) & 34 & (0,3,0,5,0,7) & (0,8,1,1,2) & (75,80,85) & 2 & 75 \\ 9000 & 99 & (0,0,0,1,0,2) & (0,3,0,5,0,7) & 50 & (0,6,0,7,5,0,9) & (1,5,1,8,2,1) & (90,95,100) & 4 & 85 \\ 9600 & 95 & (0,6,0,7,5,0,9) & (0,1,0,2,5,0,4) & 50 & (0,1,0,2,5,0,4) & (1,3,1,5,1,7) & (85,90,95) & 3 & 73 \\ 11040 & 92 & (0,3,0,5,0,7) & (0,6,0,7,5,0,9) & 31,5 & (0,0,0,1,0,2) & (1,8,2,2,4) & (100,110,120) & 6 & 70 \end{matrix} \right. \end{matrix} \quad (7)$$

3.2 Uvođenje idealne i antiidealne alternative

Na ovom mestu će se uvesti u razmatranje dve nove alternative i to idealna – A^* i antiidealna – A^- . A^* alternativa bi imala atribute najpovoljnije moguće teoretske vrednosti (idealne), a druga A^- , suprotno, najnepovoljnije moguće teoretske vrednosti. Uvedena modifikacija je naročito opravdana kada se daju ocene u nekoj skali vrednosti. Tada je potrebno postići konsenzus oko toga da li je idealna tačka ona koja je najbolja od ponuđenih ili je to tačka koju neki atribut može dostići bez obzira da li se nalazi među ponuđenim alternativama.

Softver kojim će se vršiti obrada podataka omogućava jednostavno uključivanje i isključivanje pojedinih alternativa i kriterijuma iz modela odlučivanja što pruža mogućnost upoređivanja oba slučaja (sa i bez uvođenja idealne i antiidealne alternative). Jasno je da kada se pomenute alternative uvedu, model bi trebao da idealnoj da apsolutnu prednost, a antiidealnoj apsolutnu inferiornost u odnosu na četiri realne alternative.

Ključno pitanje je da li će uvođenje A^* i A^- poremetiti redosled ostalih alternativa koje se upoređuju?

Tabela 3. Matrica odlučivanja prilikom izbora tehničkog sistema automatske prerade paketa u GPC

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
A_1	3000	98	v. velika	velika	34	srednja	(0,8,1,1,2)	(75,80,85)	2	75
A_2	9000	99	v. mala	srednja	50	velika	(1,5,1,8,2,1)	(90,95,100)	4	85
A_3	9600	95	velika	mala	50	mala	(1,3,1,5,1,7)	(85,90,95)	3	73
A_4	11040	92	srednja	velika	31,5	v. mala	(1,8,2,2,4)	(100,110,120)	6	70
A^-	2500	85	v. mala	v. velika	15	v. velika	(2,5,3,3,5)	(130,150,170)	12	90
A^*	15000	100	v. velika	v. mala	75	v. mala	(0,6,0,7,0,8)	(50,60,70)	1,5	60
W_i	0,214	0,082	0,172	0,115	0,062	0,024	0,190	0,099	0,018	0,024
Tip	max	max	max	min	max	min	min	min	min	min

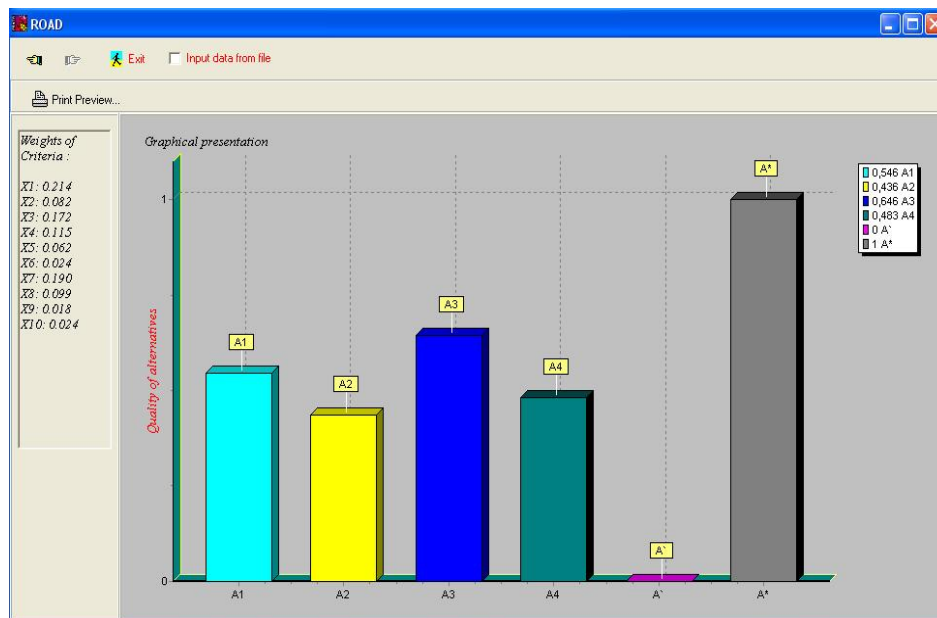
U prethodnoj tabeli su, pored četiri predstavljene alternative, date i „koordinate” idealne i antiidealne alternative kao i vrednosti normalizovanih težinskih koeficijenata dobijenih u prethodnom delu (tab 1) uz napomenu o tipu kriterijuma što predstavlja konačnu matricu odlučivanja ovog višekriterijumskog zadatka. Kriterijumi: X_3, X_4, X_6 koji su u (7) bili izraženi kao fuzzy brojevi ponovo su iskazani lingvističkim izrazima jer softver P ROAD omogućava unošenje takvih vrednosti.

Nakon formiranja matrice odlučivanja može se pristupiti nekoj od metoda VKO. Došlo se do zaključka da TOPSIS metoda najbolje odgovara rešavanju konkretnog problema jer pored svoje efikasnosti nije previše složena, daje rang alternativa, ali i najoptimalniju alternativu po svim kriterijumima simultano kada se atributi za kriterijume prevedu u numerički oblik. U nastavku će biti date njene osnove i primena na izbor tehničkih sistema prerade poštanskih paketa.

4. Rangiranje alternativa

Kao što je rečeno u prethodnom delu rada mogućnosti uključivanja fuzzy veličina u TOPSIS metodu i operacije sa njima, opredelile su autore da se prilikom softverske obrade podataka, oslone na P ROAD [9] jer jedini ima implementiranu mogućnost rada sa lingvističkim izrazima i aproksimativnim vrednostima.

Nakon definisanja skupa kriterijuma i alternativa program automatski generiše matricu odlučivanja čija polja se popunjavaju isključivo odgovarajućim tipom podataka. Na kraju program daje grafički prikaz boniteta razmatranih alternativa (slika 3) i mogućnost arhiviranja modela.



Slika 3. Grafički prikaz ranga alterativa

Vidi se da je rang alternativa (izuzimajući idealnu i antiidealnu) dat sledećim nizom: $A_3 \rightarrow A_1 \rightarrow A_4 \rightarrow A_2$.

U slučaju da smo koristili izvornu TOPSIS metodu dobili bi nešto drugačije vrednosti ali kao što se vidi u tabeli 4. redosled alternativa je ostao isti tako da sa velikim stepenom sigurnosti možemo tvrditi da je najbolja alternativa A_3 , dalje slede A_1 , potom A_4 i na kraju kao najlošija A_2 .

Tabela 4. *Usporedni prikaz korišćenja izvorne i modifikovane TOPSIS metode*

	A_3	A_1	A_4	A_2
Slučaj 1	0,646	0,546	0,483	0,436
Slučaj 2	0,694	0,599	0,452	0,374

Iz tabele 4. se vidi da je prilično jasnija diversifikacija alternativa u slučaju kada se ne uvode idealna i antiidealna alternativa.

Na osnovu svega rečenog i predstavljene analize može se zaključiti da je optimalni sistem prerade paketa u GPC Beograd Siemens-ov DDS (Demag Dynamic System) odnosno tehnički sistem sortiranja sa zakretnim platformama.

Interesantno je da kada se pogleda tabela 2. ovaj sistem, osim po petom kriterijumu (maksimalna masa pošiljkaka), nije dominantan u odnosu na ostala tri sistema. Ovo pokazuje da optimalni sistem prerade paketa nije uvek onaj koji poseduje najdominantnije performanse u smislu broja kriterijuma po kojima je najbolji. U konkretnom slučaju vidimo da su alternative A_1 i A_4 najbolje po troškovnim odnosno tehnološkim atributima, respektivno, ali da u proračunu konačne korisnosti njihove mane dolaze do izražaja.

5. Zaključak

Kombinacijom više metoda za određivanje vrednosti težinskih koeficijenata pokušava se tačnije odrediti relan odnos uticaja pojedinih prametara tehničkog sistema na ukupan učinak pri uvođenju u eksploataciju. Time je znatno unapređena objektivnost odlučivanja. Predložena metodologija za izbor tehničkog sistema je namenski uspostavljena za rešavanje problema definisanja opreme – infrastrukture GPC-a. Međutim, ona se lako može primeniti, nepromenjena ili uz malu modifikaciju, na sve tehničke sisteme. Modeli i procedure date u metodologiji testirane su na tehničkim sistemima koji se potencijalno mogu primeniti u Pošti Srbije. Moguće infrastrukture GPC-a sa svojim tehničkim sistemima predstavljaju alternative. Za višekriterijumsko odlučivanje koristi se modifikovana TOPSIS metoda uz primenu teorije FUZZY skupova.

Literatura

- [1] Chen S.J., Hwang C.L., „Fuzzy Multiple Attribute Decision-Making: Methods and Applications”, Springer-Verlag, New York, 1992.

- [2] Čupić A., „Metodologija izbora tehničkog sistema za automatsku preradu paketa u glavnim poštanskim centrima”, magistarski rad, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2007.
- [3] Kulak Osman., „A decision support system for fuzzy multi-attribute selection of material handling equipments”, Expert Systems with Applications, Volume 29, Issue 2, 2005, pp. 310-319.
- [4] Ölçer A.İ., Odabaşı A.Y., „A new fuzzy multiple attributive group decision making methodology and its application to propulsion/manoeuvring system selection problem”, European Journal of Operational Research 116, 2005, pp. 93-114, dostupno na www.sciencedirect.com.
- [5] Saaty Tomas., „Analytical Planning: The Organization of Systems”, Pergamon Press, 1985.
- [6] Teodorović D., „Fuzzy set theory applications in traffic and transportation”, European Journal of Operational Research 74/3, 1994, pp. 379-390.
- [7] Vujošević Mirko., „Operativni menadžment – kvantitativne metode”, DOPIS, Beograd, 1997 str. 161-168.
- [8] Zadeh L.A., „The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning – I, II”, Information Science 8, 1975, pp. 199-249; 301-357.
- [9] **Software PRoadB**, Lučić P., Teodorović D.

Abstract: *This paper deals with selecting of sortation technical system for postal centers. Combination of AHP (Analytical Hierarchical Process) method and primary defined values by initial team from The Faculty of Transport and Traffic Engineering define weights for choosen qualitative and quantitative characteristics. This paper also presents a possibility of extension of the method for multicriteria ranking TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), by using fuzzy sets. In concrete problem, there are alternatives which are defined by qualitative criteria and/or criteria with imprecise values. Therefore we tried to adapt TOPSIS method to solve these kind of problems (ranking alternatives taking into account a number of criteria, simultaneously).*

Key words: *postal parcels, weight coefficient, AHP method, TOPSIS.*

APPLYING OF MULTICRITERIA ANALYSIS IN SELECTION OF PARCEL SORTING EQUIPMENT

Milan Bukumirović, Aleksandar Čupić