

IZBOR AUTO-PREVOZNIKA ZA PREVOZ TERETA NA OSNOVU FUZZY TOPSIS PROCJENE KVALITETA TRANSPORTNE USLUGE

CHOICE OF TRUCKING COMPANY BASED ON FUZZY TOPSIS EVALUATION OF TRANSPORTATION SERVICE QUALITY

Prof.dr.sc. Mirsad Kulović
Panevropski univerzitet APEIRON, Banja Luka
Bosna i Hercegovina
m.kulovic@hotmail.com

REZIME

Ocjena kvaliteta transportnih usluga se zasniva na dobrom poznavanju specifičnosti tih usluga. Korisnik transportne usluge ne može tu uslugu ocjenjivati na isti način kako ocjenjuje kvalitet materijalnog proizvoda. Subjektivni utisak korisnika transportne usluge je od najveće važnosti za ocjenu kvaliteta te usluge i zasniva se na odnosu između očekivane i stvarne usluge. U cilju minimiziranja razlike između očekivane i stvarne usluge transportne kompanije trebaju biti u stalnom kontaktu sa korisnikom, koji nije fizički prisutan tokom realizacije usluge. Percepcija kaliteta usluge transporta tereta, od strane korisnika, može se zasnivati na više kriterija. Ovaj rad je fokusiran na sljedećih pet kriterija: pouzdanost, kompetentnost, odgovornost, povjerenje i fleksibilnost. Navedeni kriteriji su definisani i objašnjeni. Međutim, u praksi je vrlo teško jasno i precizno izraziti ove kriterije te se oni često izražavaju lingvistički što otvara prostor za primjenu fuzzy logike. U ovom radu je prezentirana primjena fuzzy TOPSIS metode za ocjenu kvaliteta usluge transporta tereta. Metoda uzima u obzir i klasificira objektivne i subjektivne kriterije. Na osnovu fuzzy analitičkog hierarhijskog procesa (AHP) određene su težinske karakteristike objektivnih i subjektivnih kriterija. Navedena metoda je primijenjena za ocjenu kvaliteta transportne usluge koja je u radu prezentirana kao osnov za izbor auto-prevoznika za prevoz tereta. U cilju ilustracije opisane metode u radu je dat i hipotetički primjer.

Ključne riječi: Prevoz tereta, kvalitet, transportna usluga, fuzzy, TOPSIS

SUMMARY

Evaluation of transport service quality is based on well known specific characteristics of transportation services. The user of transportation service cannot evaluate it the same way as he or she evaluates quality of material product. The user's subjective impression is of most importance for the service quality evaluation and it's based on relationship of expected and real quality of transportation service. In order to minimize difference between expected and real service, transportation companies should be permanently in contact with users which is not present during service execution. The perception of freight transport quality by users could be based on several criteria. This paper is focused on the following five criteria: reliability, tangibility, responsibility, assurance and flexibility. Those criteria are defined and explained. However, in the real life it is very difficult to express those criteria clearly and precisely and they are often expressed linguistically what opens the space for the use of fuzzy logic. This paper presents application of fuzzy TOPSIS method for the freight transportation service evaluation. The method takes into account and classifies objective and subjective criteria. The weights of objective and subjective criteria are defined using fuzzy analytic hierarchy process (AHP). The described method is used for choice of trucking company for

transport. A hypothetical example is presented to illustrate computational process of the fuzzy TOPSIS algorithm.

Key words: Freight Transport, Quality, Transportation Service, Fuzzy, TOPSIS

1. UVOD

Kvalitet transportne usluge je ključni faktor za postizanje održive konkurentske prednosti i uspješnosti poslovanja transportnih kompanija. Ocjena kvaliteta usluge od strane korisnika je od posebne važnosti za transportne kompanije koje žele da poboljšaju svoje menadžmentske strategije. Kompanije koje obezbjeđuju superioran kvalitet imaju zadovoljne klijente, korisnike njihovih usluga, što u krajnjoj instanci donosi povećanje prihoda i profita kompanije (Taghipoutiyan & drugi, 2010). Pažljiva integracija kvaliteta sa produktivnošću i programima poboljšanja rada ima za cilj dugoročno poboljšanje profitabilnosti kompanije.

U procesu donošenja odluka, donosilac odluke se često susreće sa sumnjama i problemima u pogledu neodređenosti. Drugim riječima, prirodni jezik kojim se izražava percepcija ili procjena je uvijek subjektivan, neodređen ili nejasan. Naučnici iz domena nauke o ponašanju i teoretičari o kvalitetu su davno uočili da postoji nejasnost u mnogim ljudskim procjenama (prosudbama). Američki profesor iranskog porijekla Lofti Zadeh uveo je fuzzy skupove u sisteme i procedure donošenja odluka kao odgovor na nejasnoće i nepreciznosti (E. Abbott, 1996). Metode višekriterijumskog donošenja odluka omogućavaju donosiocima odluka da evaluiraju kompleksne probleme sa aspekta ciljeva koji se žele postići primjenjujući izabrane relevantne kriterije (Percin, 2010). Teorija fuzzy skupova kvantificira ljudsko subjektivno znanje, pri čemu ključni elementi ljudskog razmišljanja nisu brojevi nego lingvistički izrazi.

Percepcija kaliteta usluge transporta tereta, od strane korisnika, može se zasnivati na više kriterija. Ovaj rad je fokusiran na sljedećih pet kriterija: pouzdanost, kompetentnost, odgovornost, povjerenje i fleksibilnost. Navedeni kriteriji su definisani i objašnjeni. Međutim, u praksi je vrlo teško jasno i precizno izraziti ove kriterije te se oni često izražavaju lingvistički što otvara prostor za primjenu fuzzy logike. U ovom radu je prezentirana primjena fuzzy TOPSIS metode za ocjenu kvaliteta usluge transporta tereta. Metoda uzima u obzir i klasificira objektivne i subjektivne kriterije. Na osnovu fuzzy analitičkog hierarhijskog procesa (AHP) određene su težinske karakteristike objektivnih i subjektivnih kriterija. Navedena metoda je primijenjena za ocjenu kvaliteta transportne usluge koja je u radu prezentirana kao osnov za izbor auto-prevoznika za prevoz tereta. U cilju ilustracije opisane metode u radu je dat i hipotetički primjer.

2. METODOLOGIJA

2.1 Teorija fuzzy skupova

Teorija fuzzy skupova [20] služi da se iz brojnih informacija koje su izražene nejasno i neprecizno dođe do izdvojenog primarnog izlaznog rezultata. Teorija fuzzy skupa tretira nejasne podatke kao raspodjelu vjerovatnoća u odnosu na skup pripadnosti. Kada je skup pripadnosti određen i definisan raspodjelom vjerovatnoća, tada on može biti efikasno iskorišten u logičkom rezonovanju

2.2 Trouglasti fuzzy brojevi

Fuzzy skup A od X je definisan funkcijom pripadnosti $f_A(x)$ koja opisuje svaki elemenat x u A realnim brojem u intervalu $[0,1]$. Vrijednost funkcije $f(x)$ predstavlja stepen

pripadnosti x u A . Fuzzy broj A [12] u realnoj liniji \mathfrak{R} je trouglasti fuzzy broj ako je njegova funkcija pripadnosti $f_A: \mathfrak{R} \rightarrow [0,1]$ je :

$$f_A(x) = \begin{cases} (x-c)/(a-c), c \leq x \leq a \\ (x-b)/(a-b), a \leq x \leq b \\ 0, \text{ostalo} \end{cases}$$

sa $-\infty < c \leq a \leq b < \infty$. Trouglasti fuzzy broj može se označiti sa (c, a, b) . Ako su $A_1 = (c_1, a_1, b_1)$ i $A_2 = (c_2, a_2, b_2)$ fuzzy brojevi tada se algebarske operacije brojeva A_1 i A_2 mogu napisati kao:

- Sabiranje: $A_1 \oplus A_2 = (c_1+c_2, a_1+a_2, b_1+b_2)$
- Oduzimanje: $A_1 - A_2 = (c_1 - c_2, a_1 - a_2, b_1 - b_2)$
- Množenje: $k \otimes A_2 = (kc_2, ka_2, kb_2)$, $k \in \mathfrak{R}$, $k \geq 0$
 $A_1 \otimes A_2 = (c_1c_2, a_1a_2, b_1b_2)$, $c_1 \geq 0$, $c_2 \geq 0$
- Dijeljenje: $A_1 / A_2 = (c_1/b_2, a_1/a_2, b_1/b_2)$, $c_1 \geq 0$, $c_2 > 0$

2.3 Lingvističke vrijednosti

U sklopu fuzzy odluka koriste se dva tipa rangiranja prioriteta. To su fuzzy brojevi i lingvistički izrazi karakterisani fuzzy brojevima [21]. U zavisnosti od praktičnih potreba, za formiranje matrica odlučivanja može se primijeniti jedan ili oba tipa. U ovom radu skup rangiranja je primjenjen da se analitički izraze lingvističke vrijednosti i opiše koliko je neka alternativa dobra u odnosu na različite kriterije. Skup rangiranja je definisan kao:

$$S_1 = \{VS, S, SR, D, VD\}$$

$$S_2 = \{VN, N, SR, V, VV\}$$

$$S_3 = \{VM, M, SR, VE, VVE\}$$

gdje je: *VS*-vrlo slabo, *S*-slabo, *SR*-srednje, *D*-dobro i *VD*-vrlo dobro, *VN*, *N*, *SR*, *V*, *VV*-vrlo nisko, nisko, srednje, visoko, vrlo visoko, respektivno i *VM*, *M*, *SR*, *VE*, *VVE*-vrlo malo, malo, srednje, veliko, vrlo veliko.

Ovdje ćemo definisati lingvističke vrijednosti [3] kao:

$$VS = (0, 0, 0, 25)$$

$$S = (0, 0, 25, 0, 50)$$

$$SR = (0, 25, 0, 50, 0, 75)$$

$$D = (0, 50, 0, 75, 1), VD = (0, 75, 1, 1), \text{ respektivno, a anlogno i za skupove } S_2 \text{ i } S_3.$$

2.4 Defazifikacija trouglastih fuzzy brojeva

Za uspješno rješavanje defuzifikacije trouglastih fuzzy brojeva koristi se gradirani metod integracije sredine GMIR (Graded Mean Integration Representation). Ako su $A_i = (c_i, a_i, b_i)$, $i = 1, 2, \dots, n$, trouglasti fuzzy brojevi tada je GMIR prezentacija A_i :

$$R(A_i) = \frac{c_i + 4a_i + b_i}{6}$$

Pretpostavimo da su $R(A_i)$ i $R(A_j)$ GMIR od trouglastih fuzzy brojeva A_i i A_j respektivno.

Tada definišemo:

- $A_i \succ A_j \Leftrightarrow R(A_i) \succ R(A_j)$
- $A_i \prec A_j \Leftrightarrow R(A_i) \prec R(A_j)$
- $A_i \succ A_j \Leftrightarrow R(A_i) \succ R(A_j)$

2.5. Mjerenje rastojanja

Poznata su dva prilaza mjerenju rastojanja između dva fuzzy broja i to mjerenje srednjeg i mjerenje geometrijskog rastojanja koje je 1997. godine uveo Heilpern [9]. Međutim, Heilpernov metod ne može zadovoljiti neke specifične slučajeve između dva fuzzy broja te su Hsieh i Chen [10] predložili modifikovani prilaz kako bi otklonili nedostatke u mjerenju geometrijskog rastojanja. U cilju prilagođavanja fuzzy TOPSIS algoritma, u ovom radu je korišćen ovaj metod mjerenja rastojanja između dva fuzzy broja. Ako su $A_i = (c_i, a_i, b_i)$ i $A_j = (c_j, a_j, b_j)$ fuzzy brojevi tada se, prema Hsieh-u i Chen-u modifikirano rastojanje izračunava prema formuli:

$$\delta_M(A_i, A_j) = \left\{ \frac{1}{4} \left[(c_i - c_j)^2 + 2(a_i - a_j)^2 + (b_i - b_j)^2 \right] \right\}^{1/2}$$

3. TEŽINSKE KARAKTERISTIKE KRITERIJA

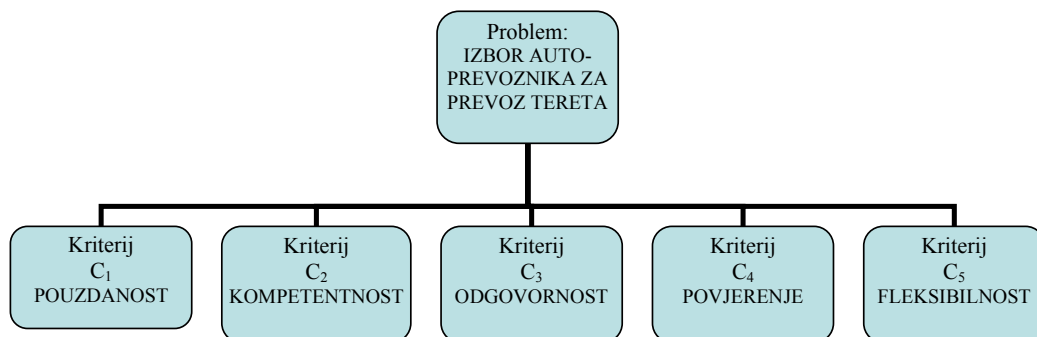
Težinske karakteristike objektivnih i subjektivnih kriterija određuju se primjenom analitičkog hijerarhijskog procesa AHP. Integrisane težinske karakteristike svih kriterija na nivou alternativa izračunavaju se kombinovanjem objektivnih i subjektivnih kriterija.

3.1 Fuzzy analitički hierarhijski proces

Fuzzy AHP sastoji se od pet sistematičnih koraka koji se opisuju u narednom tekstu.

Korak 1. Određivanje hijerarhijske strukture

Hijerarhijska struktura je okvir strukture sistema i ona, osim što omogućava uočavanje interakcije između pojedinih elemenata na svakom nivou, takođe pomaže donosiocima odluka da istraže uticaj raznih elemenata na sistem koji se ocjenjuje. Na slici 1. prikazana je jednostavna hijerarhijska struktura za izbor auto-prevoznika za prevoz tereta sa brojem kriterija (dimenzija) $k = 5$.



Slika 1. Hijerarhijska struktura izbora auto-prevoznika za prevoz tereta

Korak 2. Formiranje fuzzy matrice poređenja parova

Formiranje fuzzy matrice poređenja parova za svaki nivo radi predstavljanja relativne važnosti kriterija ili podkriterija je važan korak u primjeni AHP metode. Relativna važnost se ocjenjuje od strane eksperata i ovi podaci se transformišu u trouglaste fuzzy brojeve koristeći metod geometrijske sredine [17].

Neka je $x_{ij}^h \in \{1/9, 1/8, \dots, 1/2, 1\} \cup \{1, 2, \dots, 8, 9\}$ ($h = 1, 2, \dots, n, \forall i, j = 1, 2, \dots, k$) relativna važnost data i -tom, j -tom kriteriju od strane h -tog eksperta na nivou kriterija na slici 1. Tada se

matrica poređenja parova definiše kao $\begin{bmatrix} x_{ij}^h \end{bmatrix}$. Nakon integriranja mišljenja svih n eksperata trouglasti fuzzy brojevi mogu se označiti kao: $\tilde{A}_{ij}^C = (c_{ij}, a_{ij}, b_{ij})$, gdje je:

$$c_{ij} = \min\{x_{ij}^1, x_{ij}^2, \dots, x_{ij}^n\}, \quad a_{ij} = \left(\prod_{h=1}^n x_{ij}^h\right)^{1/n}, \quad b_{ij} = \max\{x_{ij}^1, x_{ij}^2, \dots, x_{ij}^n\}$$

Koristeći integrirane trouglaste fuzzy brojeve formiramo matricu poređenja parova za $i-ti, j-ti$ kriterij. Za nivo kriterija fuzzy matrica poređenja je:

$$A_k^C = [\tilde{A}_{ijk}^C]_{k \times k} = \begin{bmatrix} \tilde{1} & \tilde{A}_{12}^C & \tilde{A}_{1k}^C \\ 1/\tilde{A}_{12}^C & \tilde{1} & \tilde{A}_{2k}^C \\ 1/\tilde{A}_{1k}^C & 1/\tilde{A}_{2k}^C & \tilde{1} \end{bmatrix}$$

gdje je: $\tilde{A}_{ij}^C \otimes \tilde{A}_{ji}^C \cong 1, \forall i, j = 1, 2, \dots, k$.

Na istom konceptu zasniva se i način proračuna matrica poređenja parova za podkriterije.

Korak 3. Izračunavanje fuzzy težinskih karakteristika fuzzy matrica poređanja parova

Neka je $\tilde{Z}_1^C = (\tilde{A}_{11}^C \otimes \tilde{A}_{12}^C \otimes \dots \otimes \tilde{A}_{1k}^C)^{1/k} (\forall 1, 2, \dots, k)$ geometrijska sredina trouglastog fuzzy broja $i-tog$ kriterija na nivou kriterija, tada je fuzzy težinska karakteristika $i-tog$ kriterija $\tilde{W}_i^C = \tilde{Z}_2^C \otimes (\tilde{Z}_1^C + \tilde{Z}_2^C + \dots + \tilde{Z}_k^C)^{-1}$. Radi pogodnosti fuzzy težinska karakteristika se označava sa $\tilde{W}_i^C \cong (w_{ic}, w_{ia}, w_{ib})$.

Korak 4. Defazifikacija fuzzy težinskih karakteristika u krisp vrijednosti

Za rješavanje problema defazifikacije koristi se GMIR metod. Ako je $\tilde{W}_i^C \cong (w_{ic}, w_{ia}, w_{ib}), (\forall 1, 2, \dots, k)$ fuzzy trouglasti broj težinske karakteristike, tada je, prema

GMIR metodi krisp vrijednost težinske karakteristike $W_i^C = \frac{w_{ic} + 4w_{ia} + w_{ib}}{6}, \forall i = 1, 2, \dots, k$

Korak 5. Izračunavanje normalizovanih težinskih karakteristika

U cilju stvaranja pogodnosti za poređenja relativne važnosti između svakog nivoa krisp vrijednosti se normalizuju i označavaju sa:

$$NW_i^C = \frac{W_i^C}{\sum_{i=1}^k W_i^C}$$

4. FUZZY TOPSIS METODA

Rangiranje alternativa korišćenjem fuzzy TOPSIS metode zahtijeva poduzimanje sljedećih sistematičnih koraka:

- Definisane alternative i usvajanje odgovarajućih kriterija za ocjenu,
- Klasificiranje kriterija u subjektivne i objektivne kategorije,
- Izračunavanje subjektivnih težinskih karakteristika za sve kriterije,
- Procjena superiornosti alternativa u odnosu na kriterije,
- Izračunavanje fuzzy idealnog i anti-idealnog rješenja,
- Izračunavanje rastojanja različitih alternativa od fuzzy idealnog i anti-idealnog rješenja,

- Izračunavanje aproksimativne realne vrijednosti različitih alternativa u odnosu na idealno rješenje i
- Rangiranje alternativa i izbor najbolje alternative.

4.1. Izračunavanje fuzzy idealnog i anti-idealnog rješenja

Idealna i anti-idealna rješenja [15] se zasnivaju na konceptu relativne bliskosti (udaljenosti) obzirom na kraće ili duže rastojanje alternative i od idealnog, odnosno anti-idealnog rješenja. Superiorne vrijednosti S_{ij} i -te alternative u j -tom kriteriju definišu se kao:

- Za pozitivne podkriterije j (podkriteriji koji imaju pozitivan doprinos cilju tj. korisni podkriteriji):

$$S_{ij} = (p_{ij}, o_{ij}, q_{ij}) = \left(\frac{c_{ij}}{\alpha_j}, \frac{a_{ij}}{\alpha_j}, \frac{b_{ij}}{\alpha_j} \right)$$

- Za negativne podkriterije j (podkriteriji koji imaju negativan doprinos cilju tj. nekorisni kriteriji):

$$S_{ij} = (p_{ij}, o_{ij}, q_{ij}) = \left(\frac{\beta_j}{b_{ij}}, \frac{\beta_j}{a_{ij}}, \frac{\beta_j}{c_{ij}} \right)$$

Fuzzy idealna vrijednost i fuzzy anti-idealna vrijednost za svaki podkriterij određuje se uporedbom sa reprezentativnim vrijednostima dobijenim koristeći GMIR metodu opisan u dijelu 2.4 ovog rada.

4.2. Izračunavanje rastojanja alternativa u odnosu na fuzzy idealno i anti-idealno rješenje

Rastojanje alternative u odnosu na fuzzy idealno i anti-idealno rješenje izračunava se prema sljedećim formulama:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{P_{sc}} (\rho_j^*)^2 x \delta_M \left((S_j^+, S_{ij}) \right)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{P_{sc}} (\rho_j^*)^2 x \delta_M \left((S_j^-, S_{ij}) \right)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

gdje je: ρ_j^* - integrirana težinska karakteristika, δ_M - modificirano rastojanje (Tačka 2.5 ovog rada)

4.2 Izračunavanje relativnih aproksimativnih vrijednosti alternativa u odnosu na idealno rješenje i rangiranje alternativa

Relativna aproksimativna vrijednost (RAV) različitih alternativa u odnosu na idealno rješenje izračunava se prema sljedećoj formuli:

$$RAV_i^* = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Očigledno je da je $0 \leq RAV_i^* \leq 1, i = 1, 2, \dots, m$. Pretpostavimo da je alternativa A_i idealno rješenje, tj. $D_i^+ = 0$, tada je $RAV_i^* = 1$. U suprotnom, ako je A_i anti-idealno rješenje tj. $D_i^- = 1$, tada je $RAV_i^* = 0$. Na osnovu toga se vrši rangiranje alternativa i donosi odluka o izboru najbolje.

5. NUMERIČKI PRIMJER

U ovom dijelu rada predstavljen je hipotetički primjer izbora auto-prevoznika za prevoz tereta primjenom fuzzy TOPSIS metode.

Pretpostavimo da je potrebno izabrati jednog od tri auto-prevoznika za prevoz tereta na određenoj relaciji, a na osnovu pet relevantnih kriterija koji se odnose na kvalitet transportne usluge i to:

- Pouzdanost (C_1) – sposobnost prevoznika da ispuni očekivanja u pogledu vremena dostave, lokacije u uslova dostave,
- Kompetentnost (C_2) – ukupna opremljenost (sredstva i kadrovi) prevoznika za izvršenje prevoza,
- Odgovornost (C_3) – spremnost da se korisniku obezbijedi transportna usluga u svako vrijeme,
- Povjerenje (C_4) – znanje, briga i ljubaznost izvršnog osoblja prema korisniku prevoza,
- Fleksibilnost (C_5) – sposobnost prilagođavanja promjenama koje nastaju u toku izvršenja prevoza.

Nakon definisanja kriterija slijedi izračunavanje relativnih težinskih karakteristika svakog od kriterija. Matrice poređenja formirane se na osnovu tri ekspertna mišljenja, a zatim su ti podaci transformisani u trouglaste fuzzy brojeve koristeći metod geometrijske sredine. Rezultat fuzzy para matrice poređenja $A_k^C = [\tilde{A}_{ij}^C]_{5 \times 5}$ za nivo kriterija (C_1 - C_5) prikazan je u Tabeli 1.

Tabela 1. Fuzzy matrica poređenja kriterija

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C_1	(1, 1, 1)	(1,50, 2,08, 3,00)	(3,00, 3,74, 5,00)	(0,75, 1,31, 2,00)	(0,50, 1,36, 2,50)
C_2	(0,33, 0,48, 0,67)	(1, 1, 1)	(1,50, 2,08, 3,00)	(2,00, 2,47, 3,00)	(1,50, 2,11, 2,50)
C_3	(0,20, 0,26, 0,33)	0,33, 0,48, 0,67)	(1, 1, 1)	(2,50, 2,47, 3,00)	(3,00, 3,30, 4,00)
C_4	(0,33, 0,76, 0,67)	(0,33, 0,40, 0,50)	(0,33, 0,38, 0,40)	(1, 1, 1)	(1,50, 1,96, 2,50)
C_5	(3,00, 0,74, 2,00)	(0,40, 0,48, 0,67)	(0,25, 0,30, 0,33)	(0,40, 0,51, 0,67)	(1, 1, 1)

Koristeći jednačine iz koraka 3, tačke 3.1 ovog rada izračunate su geometrijske sredine trouglastih fuzzy brojeva (\tilde{Z}_i^C) i fuzzy težinske karakteristike (\tilde{W}_i^C) pet kriterija koje su prikazane u Tabeli 2.

Tabela 2. Geometrijske sredine trouglastih fuzzy brojeva i fuzzy težinske karakteristike

	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$	$i=5$
\tilde{Z}_i^C	(1,11, 1,69, 2,37)	(1,08, 1,39, 1,72)	(0,87, 1,02, 1,22)	(0,56, 0,74, 0,80)	(0,65, 0,55, 0,79)
\tilde{W}_i^C	(0,16, 0,31, 0,56)	(0,16, 0,26, 0,40)	(0,13, 0,19, 0,29)	(0,08, 0,14, 0,19)	(0,09, 0,10, 0,19)

Zatim, korišćenjem jednačine iz koraka 4 i 5 tačke 3.1 ovog rada, fuzzy težinske karakteristike mogu biti defazifikovane pomoću GMIR metode kako bi se dobile tzv. krisp težinske karakteristike koje se zatim normalizuju. Rezultati su prikazani u Tabeli 3.

Tabela 3. Defazifikovane i normalizovane težinske karakteristike

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
Defazifikovane težinske karakteristike	0,33	0,27	0,19	0,14	0,11
Normalizovane težinske karakteristike	0,32	0,26	0,19	0,13	0,11

U sljedećem koraku potrebno je formirati matricu odlučivanja u koju će biti uključeni svi kriteriji koji su izraženi numeričkim vrijednostima ili lingvističkim izrazima (Tabela 4.), a

zatim lingvističke izraze transformišemo u brojne vrijednosti prema podtački 2.3 ovog rada (Tabela 5.).

Tabela 4. Matrica odlučivanja sa lingvističkim izrazima

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
A ₁	Srednja	5,50	Visoka	Malo	Niska
A ₂	Dobra	4,20	Srednja	Srednje	Visoka
A ₃	Srednja	4,80	Visoka	Veliko	Srednja

Tabela 5. Matrica odlučivanja sa brojnim vrijednostima

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
A ₁	0,50	5,60	0,75	0,25	0,25
A ₂	0,75	4,20	0,50	0,50	0,75
A ₃	0,50	4,80	0,75	0,75	0,50

Težinska normalizovana matrica odlučivanja dobija se množenjem svakog elementa matrice sa pripadajućom normalizovanom težinskom karakteristikom. Rezultati ovog proračuna dati su u Tabeli 6.

Tabela 6. Normalizovana matrica odlučivanja

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
A ₁	0,1552	0,1715	0,1215	0,0347	0,0294
A ₂	0,2328	0,1287	0,0810	0,0695	0,0882
A ₃	0,1552	0,1470	0,1215	0,1042	0,0588

Nakon određivanja idealnog i anti-idealnog rješenja prema jednačini iz tačke 4.1 ovog rada izračunate su udaljenosti svake od alternativa od idealnog i anti-idealnog rješenja prema jednačini iz tačke 4.2 ovog rada. Na kraju izračunate su relativne bliskosti (udaljenosti) svake alternative u odnosu na idealno rješenje prema jednačini iz tačke 4.3 ovog rada. Na osnovu toga izvršeno je rangiranje alternativa (auto-prevoznika) i ovi rezultati su dati u Tabeli 7.

Tabela 7. Rang auto-prevoznika za prevoz tereta

Auto-prevoznik	Relativna udaljenost od idealnog rješenja	Rang
A ₁	0,330280	3
A ₂	0,601598	1
A ₃	0,463406	2

Prema tome, na osnovu odabranih pet kvalitativnih kriterija (pouzdanost, kompetentnost, odgovornost, povjerenje i fleksibilnost) može se zaključiti da je autoprevoznik A₂ najpovoljniji za izvršenje prevoza tereta u prezentiranom slučaju.

6. ZAKLJUČAK

Percepcija kaliteta usluge transporta tereta, od strane korisnika, može se zasnivati na više kriterija. U ovom radu prezentiran je postupak izbora auto-prevoznika za prevoz tereta na osnovu fuzzy TOPSIS metode ocjene kvaliteta transportne usluge. U radu se kvalitet transportne usluge procjenjuje na osnovu pet kriterija: pouzdanost, kompetentnost, odgovornost, povjerenje i fleksibilnost. Navedeni kriteriji su definisani i objašnjeni. Metoda uzima u obzir i klasificira objektivne i subjektivne kriterije. Na osnovu fuzzy analitičkog hierarhijskog procesa (AHP) određene su težinske karakteristike objektivnih i subjektivnih kriterija. Navedena metoda je primijenjena za ocjenu kvaliteta transportne usluge koja je u radu prezentirana kao osnov za izbor auto-prevoznika za prevoz tereta. U cilju ilustracije opisane metode u radu je dat i hipotetički primjer izbora najpovoljnijeg prevoznika. Preporučuju se dalja istraživanja navedene

problematike, posebno u domenu izbora i kvantifikacije objektivnih i subjektivnih kriterija i podkriterija za ocjenu kvaliteta transportne usluge.

7. LITERATURA

- [1] Ballı, S. and Korukoğlu, S., "Operating system selection using fuzzy AHP and TOPSIS methods," *Mathematical and Computational Applications*, Vol. 14, No. 2, pp. 119-130 (2009)
- [2] Belton, V. and Stewart, T. J., *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*, Kluwer Academic Publisher, Boston (2002).
- [3] Chang, P. L. and Chen, Y. C., "A fuzzy multi-criteria decision making method for technology transfer strategy selection in biotechnology," *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 63, No. 2, pp. 131-139 (1994).
- [4] Chen, C. T., "Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment," *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 114, No. 1, pp. 1-9, (2000).
- [5] Chen, C. T., "A fuzzy approach to select the location of the distribution center," *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 118, No. 1, pp. 65-73 (2001).
- [6] Chen, S. H. and Hsieh, C. H., "Representation, ranking, distance, and similarity of L-R type fuzzy number and application," *Australian Journal of Intelligent Information Processing Systems*, Vol. 6, No. 4, pp. 217-229
- [7] Chou, T. Y. and Liang, G. S., "Application of a fuzzy multi-criteria decision-making model for shipping company performance evaluation," *Maritime Policy and Management*, Vol. 28, No. 4, pp. 375-392 (2001).
- [8] Ding, J. F., "Partner selection of strategic alliance for a liner shipping company using extent analysis method of fuzzy AHP," *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 17, No. 2, pp. 97-105 (2009).
- [9] Heilpern, S., "Representation and application of fuzzy numbers," *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 91, No. 2, pp. 259-268 (1997).
- [10] Hsieh, C. H. and Chen, S. H., "A model and algorithm of fuzzy product positioning," *Information Sciences*, Vol. 121, No. 1-2, pp. 61-82 (1999).
- [11] Hwang, C. L. and Yoon, K., *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Application*, Springer, New York (1981).
- [12] Hsieh, C. H. and Chen, S. H., "A model and algorithm of fuzzy product positioning," *Information Sciences*, Vol. 121, No. 1-2, pp. 61-82 (1999).
- [13] Ji-Feng, D., "An integrated fuzzy TOPSIS method for ranking alternatives and its application", *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 19, No. 4, pp. 341-352 (2011)
- [14] Lee, H. S. and Chou, M. T., "A fuzzy multiple criteria decision making model for airline competitiveness evaluation," *Lecture Notes in Computer Science*, No. 4252, pp. 902-909 (2006).
- [15] Liang, G. S., "Fuzzy MCDM based on ideal and anti-ideal concepts," *European Journal of Operational Research*, Vol. 112, No. 3, pp. 682-691(1999).
- [16] Liang, G. S. and Han, T. C., "Fuzzy critical path for project network," *International Journal of Information and Management Sciences*, Vol. 15, No. 4, pp. 29-40 (2004).
- [17] Saaty, T.L., *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York (1980)
- [18] Wang, Y. J., Lee, H. S., and Lin, K., "Fuzzy TOPSIS for multi-criteria decision-making," *International Mathematical Journal*, Vol. 3, No. 4, pp. 367-379 (2003).
- [19] Wang, Y. J. and Lee, H. S., "Generalizing TOPSIS for fuzzy multiple-criteria group decision-making," *Computers and Mathematics with Applications*, Vol. 53, No. 11, pp. 1762-1772 (2007).
- [20] Zadeh, L. A., "Fuzzy sets," *Information and Control*, Vol. 8, No. 3, pp. 338-353 (1965).
- [21] Zadeh, L.a., *The concept of approximate reasoning*, Part 1, 2 and 3, *Information Scines*, Vol.8, No. 3, pp.199-249 (1975), Vol.8, No. 4, pp.301-357 (1975), Vol. 9, No. 1, pp.43-80 (1976)
- [22] Zeleny, M., *Multiple Criteria Decision Making*, McGraw-Hill, New York (1982).

