

## Donošenje investicione odluke u transportnoj kompaniji primenom integrisanog FUCOM-MABAC modela

FATIMA I. IBRAHIMOVIĆ, Univerzitet Istočno Sarajevo,

Saobraćajni fakultet, Doboj, Bosna i Hercegovina

SANJA LJ. KOJIĆ, Univerzitet Istočno Sarajevo,

Saobraćajni fakultet, Doboj, Bosna i Hercegovina

ŽELJKO R. STEVIĆ, Univerzitet Istočno Sarajevo,

Saobraćajni fakultet, Doboj, Bosna i Hercegovina

ŽIVKO J. ERCEG, Univerzitet Istočno Sarajevo,

Saobraćajni fakultet, Doboj, Bosna i Hercegovina

*Prethodno saopštenje*

UDC: 005.311.6

DOI: 10.5937/tehnika19045771

*Transport kao logistički podsistem predstavlja veliki uzročnik troškova logistike, a samim tim i utiče i na upravljanje poslovnim rezultatima kompanije. Stoga je potrebno donositi određene odluke i sprovoditi aktivnosti u cilju racionalizacije i optimizacije troškova. Jedan od načina je donošenje adekvatnih investicionih odluka koje mogu pozitivno uticati na poslovanje kompanije. U ovom radu je primjenjen integrisani Full Consistency method (FUCOM) - Multi-Attributive Border Approximation area Comparison (MABAC) model za izbor adekvatnog transportnog sredstva u kompaniji za međunarodni transport. FUCOM metoda je primjenjena za određivanje značaja kriterijuma na osnovu kojih se vrši izbor transportnog sredstva, dok je primjenom MABAC metode izvršeno rangiranje alternativa. Nakon toga izvršena je analiza osjetljivosti koja potvrđuje prethodno dobijene rezultate.*

**Ključne reči:** FUCOM, MABAC, transportno sredstvo, donošenje odluke, menadžment

### 1. UVOD

Transport kao logistički podsistem s jedne strane predstavlja podsistem sa najvećom strukturom logističkih troškova, a s druge strane omogućava ostvarenje svrsishodnosti i cilja logistike. Kako bi troškovi prouzrokovani različitim transportnim aktivnostima i procesima racionalizovali potreban je adekvatan menadžment i formiranje adekvatnih strategija. Ovo je prema Stević i dr. [1] naročito izraženo u velikim transportnim kompanijama što je slučaj i u ovom radu. Poslednjih godina kompanije su shvatile značaj logistike i počele su upravljati logističkim troškovima. Pri tome potrebno je voditi računa o voznom parku i njegovom menadžmentu koji prema Stojić i dr. [2] predstavlja suštinski značaj za efikasno funkcionisanje transportnih kompanija. Velika mobilnost koja je naša svakodnevica uslovljava veću frekventnost robnih tokova,

a time i potrebu za što boljim menadžmentom i donošenjem adekvatnih investicionih odluka. Outsourcing pristup je prema Liu i dr. [3] široko prisutan u svim logističkim aspektima poslovanja, posebno u oblasti transporta, koji se odlikuje značajnim i direktnim učesćem u ukupnim logističkim troškovima. Transportne kompanije koje se bave logističkim outsourcing-om zavisne su u velikoj mjeri od kvaliteta voznog parka odnosno transportnih sredstava. Posmatrajući veliki asortiman transportnih sredstava sa različitim karakteristikama, u ovom radu analizirano je sedam kriterijuma, koji su od velikog značaja za izbor transportnog sredstva. Istraživanjem u transportnoj kompaniji, uzimajući u obzir iskustva i znanja rukovodioca u transportnom sistemu definisani su kriterijumi i alternative za izbor transportnog sredstva.

Izbor transportnog sredstva potkrijepljen je optimalnošću kriterijuma potrošnje goriva, tipa motora-ekološki aspekt, nabavne cijene, snabdjevenosti rezervnim dijelovima, tovarnog kapaciteta, starosnog vijeka vozila i snage motora. U radu je prikazana primjena FUCOM - MABAC modela u donošenju investicionih odluka o nabavci transportnog sredstva. Sa stoji od nekoliko faza, gdje su prikazane metode

---

Adresa autora: Fatima Ibrahimović, Univerzitet Istočno Sarajevo, Saobraćajni fakultet, Doboj, Vojvode Mišića 52, Bosna i Hercegovina

e-mail: faatiimaa\_@live.com.

Rad primljen: 02.05.2019.

Rad prihvaćen: 24.07.2019.

prilikom određivanja težine kriterija i rangiranja alternative, te rezultati izvršenog istraživanja nakon formiranja višekriterijumskog modela i zaključna razmatranja.

## 2. METODE

### 2.1. Full Consistency method (FUCOM)

FUCOM metod su razvili Pamučar, Stević i Srećmac [4] za određivanje težina kriterijuma. Dosad je primenjen u nekoliko studija [5-10] FUCOM daje mogućnost da se izvrši validacija modela tako što se proračunava veličina greške za dobijene vektore težina, kroz određivanje stepena konzistentnosti.

Sa druge strane, kod drugih modela za određivanje težina kriterijuma Best Worst Method (BWM) [11], Analitičko hijerarhijski proces (AHP) [12] model pojavljuje se redundantnost poređenja u parovima što ih čini manje osjetljivim na greške u rasuđivanju, dok metodološki postupak FUCOM-a eliminiše taj problem.

U narednom dijelu predstavljen je postupak dobijanja težinskih koeficijenata kriterijuma primjenom FUCOM-a:

Korak 1. U prvom koraku rangiraju se kriterijumi iz unaprijed definisanog skupa kriterijuma evaluacije  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ .

Rangiranje se vrši prema značaju kriterijuma tj. polazeći od kriterijuma za koji se očekuje da ima najveći koeficijent težine prema kriterijumu najmanjeg značaja.

$$C_{j(1)} > C_{j(2)} > \dots > C_{j(k)} \quad (1)$$

Korak 2. U ovom koraku se vrši poređenje rangiranih kriterijuma i utvrđuje se komparativni prioritet kriterijuma ocjenjivanja  $\varphi_{k/(k+1)}$ ,  $k = 1, 2, \dots, n$  gdje "k" predstavlja rang kriterijuma.

$$\Phi = (\varphi_{1/2}, \varphi_{2/3}, \dots, \varphi_{k/(k+1)}) \quad (2)$$

Korak 3. U ovom koraku izračunavaju se konačne vrijednosti težinskih koeficijenata kriterijuma procjene  $(w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ .

Konačne vrijednosti težinskih koeficijenata trebaju zadovoljiti sledeća dva uslova:

- Odnos težinskih koeficijenata jednak je komparativnom prioritetu između posmatranih kriterijuma ( $\varphi_{k/(k+1)}$ ) definisanih u koraku (2), tj. Ispunjen je sljedeći uslov :

$$\frac{w_k}{w_{k+1}} = \varphi_{k/(k+1)} \quad (3)$$

- Osim uslova (2), konačne vrijednosti težinskih koeficijenata trebaju zadovoljiti uslov matematičke tranzitivnosti,  $\varphi_{k/(k+1)} \otimes \varphi_{(k+1)/(k+2)} = \varphi_{k/(k+2)}$  Od:

$$\frac{w_k}{w_{k+1}} \quad \text{i} \quad \varphi_{(k+1)/(k+2)} = \frac{w_{k+1}}{w_{k+2}}$$

$$\frac{w_k}{w_{k+1}} \otimes \frac{w_{k+1}}{w_{k+2}} = \frac{w_k}{w_{k+2}}$$

Tako se dobije još jedan uslov da se zadovolje konačne vrijednosti koeficijenta težine kriterijuma ocjenjivanja, i to:

$$\frac{w_k}{w_{k+2}} = \varphi_{k/(k+1)} \otimes \varphi_{(k+1)/(k+2)} \quad (4)$$

Na osnovu definisanih postavki može se definisati konačni model za određivanje konačnih vrijednosti koeficijenata težine kriterijuma procjene.

$\min \chi$

s.t.

$$\left| \frac{w_{j(k)}}{w_{j(k+1)}} - \varphi_{k/(k+1)} \right| = \chi, \quad \forall j$$

$$\left| \frac{w_{j(k)}}{w_{j(k+2)}} - \varphi_{k/(k+1)} \otimes \varphi_{(k+1)/(k+2)} \right| = \chi, \quad \forall j$$

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1, \quad \forall j$$

$$w_j \geq 0, \quad \forall j \quad (5)$$

Rješavanjem modela (5) dobijaju se finalne vrijednosti kriterijuma evaluacije  $(w_1, w_2, \dots, w_n)^T$  i stepen konzistentnosti ( $\chi$ ) dobijenih rezultata.

### 2.2. Multi-Attributive Border Approximation area Comparison (MABAC) metoda

Metoda MABAC je razvijena od strane Pamučar i Čirović, [13].

Osnova metode MABAC ogleda se u definisanju udaljenosti kriterijumske funkcije svake posmatrane alternative od granične aproksimativne oblasti.

U narednom dijelu prikazan je postupak sprovođenja metode MABAC koji se sastoji iz 6 koraka:

Korak 1. Formiranje početne matrice odlučivanja (X)

U prvom koraku vrši se vrednovanje m alternativa po n kriterijumima.

Alternative su prikazane vektorima  $A_i = (X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in})$ , gdje je  $X_{ij}$  vrijednost i-te alternative po j-tom kriterijumu ( $i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ )

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{1m} & X_{2m} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

gdje m označava alternative, n označava ukupan broj kriterijuma.

Korak 2. Normalizacija elemenata početne matrice (X)

$$N = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \dots & t_{1n} \\ t_{21} & t_{22} & \dots & t_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_{1m} & t_{2m} & \dots & t_{mn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Za kriterijume benefiitnog tipa

$$t_{ij} = \frac{X_{ij} - X_i^-}{X_i^+ - X_i^-} \quad (8)$$

Za kriterijume troškovnog tipa

$$t_{ij} = \frac{X_{ij} - X_i^+}{X_i^- - X_i^+} \quad (9)$$

Gdje  $X_{ij}$ ,  $X_i^+$  i  $X_i^-$ , i predstavljaju elemente početne matrice odlučivanja (X) pri tome se  $X_i^+$  i  $X_i^-$  definišu kao :

$X_i^+$  - predstavlja maksimalnu vrijednost posmatranog kriterijuma po alternativama

$X_i^-$  - predstavlja minimalnu vrijednost posmatranog kriterijuma po alternativama

Korak 3. Proračun elemenata otežane matrice (V)

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Elementi otežane matrice (V) računaju se na osnovu izraza (11):

$$V_{ij} = W_i t_{ij} + W_i \quad (11)$$

U ovom slučaju  $t_{ij}$  predstavlja elemente normalizovane matrice (N), dok  $W_i$  predstavlja težinske koeficijente kriterijuma.

Korak 4. Određivanje matrice graničnih aproksimativnih oblasti (G)

Granična aproksimativna oblast za svaki kriterijum (GAO) za svaki posmatrani kriterijum određuje se prema izrazu (12):

$$g_i = \left( \prod_{j=1}^m v_{ij} \right)^{1/m} \quad (12)$$

Gdje  $V_{ij}$  predstavljaju elemente otežane matrice (V), a m označava ukupan broj alternativa.

Nakon proračuna vrijednosti  $g_i$  po kriterijumima, formira se matrica graničnih aproksimativnih oblasti (13) formata nx1 (n predstavlja ukupan broj kriterijuma po posmatranim alternativama).

$$G = \begin{bmatrix} C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ g_1 & g_2 & \dots & g_n \end{bmatrix} \quad (13)$$

Korak 5. Proračun elemenata matrice udaljenosti alternativa od granične aproksimativne oblasti (Q)

$$Q = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & \dots & q_{1n} \\ q_{21} & q_{22} & \dots & q_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{m1} & q_{m2} & \dots & q_{mn} \end{bmatrix} \quad (14)$$

Udaljenost alternativa od granične aproksimativne oblasti određuje se kao razlika elemenata matrice (V) i vrijednosti graničnih aproksimativnih oblasti (G)

$$Q = V - G \quad (15)$$

Alternativa  $A_i$  može da pripada gornjoj aproksimativnoj oblasti  $G^+$ , donjoj aproksimativnoj oblasti  $G^-$  ili graničnoj aproksimativnoj oblasti G.

Gornja aproksimativna oblast  $G^+$  predstavlja oblast u kojoj se nalazi idealna alternativa  $A^+$ , dok donja apoksimativna oblast  $G^-$  predstavlja oblast u kojoj se nalazi anti-idealna alternativa  $A^-$ .

Pripadnost alternative  $A_i$  aproksimativnoj oblasti  $G^+$ ,  $G^-$ , G određuje se na osnovu izraza (16):

$$A_i \in \begin{cases} G^+ & \text{if } q_{ij} > 0 \\ G & \text{if } q_{ij} = 0 \\ G^- & \text{if } q_{ij} < 0 \end{cases} \quad (16)$$

Korak 6. Rangiranje alternativa

Proračun vrijednosti kriterijumskih funkcija po alternativama dobija se kao suma rastojanja alternativa od granicnih aproksimativnih oblasti  $q_i$ .

Sumiranjem elemenata matrice Q po redovima dobijaju se konačne vrijednosti:

$$S_i = \sum_{j=1}^n q_{ij}, j = 1, 2, \dots, n, i = 1, 2, \dots, m \quad (17)$$

Gdje n predstavlja broj kriterijuma, m predstavlja broj alternativa.

### 3. FORMIRANJE VIŠEKRITERIJUMSKOG MODELA

Racionalizacija kretanja transportnih sredstava i odabir najprikladnijeg doveli bi do njegovog efikasnijeg korišćenja i smanjenja troškova. Izbor optimalnog transportnog sredstva odnosno tegljača sa poluprikolicom, prvenstveno zavisi od izbora kriterijuma i njihovog vrednovanja. Istraživanje je izvršeno u transportno-logističkoj kompaniji „Lucas Logistics“. U daljem radu biće navedeni i opisani kriterijumi predstavljeni od strane kompanije:

$K_1$  – Potrošnja goriva. Potrošnja goriva je od znatne važnosti za kompanije koje se bave međunarodnim transportom, pa prilikom izbora transportnog sredstva ovaj kriterijum često ima veliki značaj. On velikim dijelom utiče na troškove kompanije, pa ih nastoje minimizirati na nivoe koji su ranije bili nezamislivi. Kriterijum „potrošnja goriva“ mnogo zavisi i od kriterijuma „tipovi motora-ekološki aspekt“ jer eko vožnja može značajno da smanji potrošnju goriva.

$K_2$  - Nabavna cijena. Ovoj kompaniji, kao i svakoj drugoj nabavna cijena je jedan od bitnijih faktora pri odabiru transportnog sredstva. Uglavnom je od velikog uticaja pri nabavci transportnog sredstva i investiciji, stoga se nastoji minimiziranje ovog kriterijuma.

$K_3$  – Snadbijevenost rezervnim dijelovima. Kriterijum snadbijevenost rezervnim dijelovima podrazumijeva da pri servisiranju i popravci transportnog sredstva, dijelovi budu što pristupačniji i lakše dostupni. Ovaj kriterijum treba maksimizirati.

$K_4$  - Starosni vijek vozila. Transport na duge relacije se odražava na svaki dio vozila, te svaka kompanija teži ka smanjenju upotrebe fosilnih goriva i upotrebe tiših i čistih vozila koje imaju manji utjecaj na životnu sredinu. Što je starosni vijek vozila manji, svi ovi navedeni elementi su više zastupljeniji, te se nastoji minimizirati u svrhu efikasnije obavljenog transporta.

$K_5$  - Tovarni kapacitet. Svaka kompanija nastoji da tovarni kapacitet bude što veći zbog prevoza veće količine robe u jednom transportnom sredstvu. Maksimiziranjem ovog kriterijuma smanjuje se broj pokretanja transportnih sredstava. Iako se teži većem tovarnom kapacitetu, u ovom istraživanju ne zauzima značajno mjesto.

$K_6$  - Snaga motora. Snaga motora kao kriterijum pri odabiru transportnog sredstva u ovoj kompaniji nije jedan od prioriteta pri investiranju. Ovaj kriterijum treba maksimizirati zbog toga što znatno utiče i na potrošnju goriva te zbog manjeg opterećenja smanjuje se pohabanost vozila.

$K_7$  - Tipovi motora-ekoloski aspekt. Tip motora je najvažniji faktor za ovu kompaniju zbog toga što se njihov transport odvija u gradovima koji zahtijevaju sa ekološkog aspekta tip motora EURO 6. A samim tim,

kako je i navedeno, eko vožnja može značajno i da utiče na smanjenje potrošnje goriva, a prije svega utiče na zaštitu životne sredine.

Nakon kriterijuma slijede potencijalne alternative za izbor transportnog sredstva. Najviše utrošenog vremena i sredstava se odvaja na njihov odabir zbog velikog asortimana i različitih karakteristika transportnih sredstava. U ovom radu je predstavljeno je pet alternativa sa određenim karakteristikama:

Alternativa 1. Scania R450. Nabavna cijena ovog modela je 120.000 KM. Starosni vijek je godina dana, a snaga njegovog motora je 450 KS, dok je njegova potrošnja 25,5 litara na 100 km što ga ujedno čini i najmanjim potrošačem od svih alternativa. Dostupnost rezervnih dijelova je dobra, a gledano sa ekološkog aspekta je veoma dobar. Njegov tovarni kapacitet je 22 tone.

Alternativa 2. DAF XF 460. Cijena ovog transportnog sredstva je 95 000 KM, a dostupnost rezervnih dijelova je loša. Potrošnja goriva je 30 litara na 100 km što za razliku od prethodne alternative predstavlja najvećeg potrošača. Starosni vijek je 4 godine, a snaga motora je 462 KS. Ekološki aspekt je veoma dobar, a tovarni kapacitet je 22 tone.

Alternativa 3. Volvo FH 460. Ovaj model u nabavnoj cijeni iznosi 85 000 KM te tako predstavlja najmanju cijenu od svih alternativa, a njegova potrošnja je 29 litara na 100 km. Starosni vijek ovog modela je 5 godina, a snaga motora je 460 KS. Ekološki aspekt je dobar a njegov tovarni kapacitet je 21 tonu.

Alternativa 4. MAN TGX 440. Starosni vijek ovog modela je 5 godina, pa tako njegova nabavna cijena iznosi 110.000 KM, a dostupnost rezervnih dijelova je veoma dobra. Snaga motora je 440 KS, tako da je potrošnja 30 litara na 100 km. Tovarni kapacitet je 18 tona, a tip motora sa ekološkog aspekta je dobar.

Alternativa 5. MERCEDES actros 3363. Cijena ovog modela prilikom nabavke je 135.000, njegova potrošnja je 28 litara na 100 km. Starosni vijek ovog modela je 2 godine, dok je snaga njegovog motora 630 KS. Dostupnost rezervnih dijelova je odlična kao i ekološki aspekt. Tovarni kapacitet iznosi 14 tona.

#### 3.1. Određivanje težine kriterijuma primjenom FUCOM metode

U ovom radu primjenjena je FUCOM metoda za određivanje težinskih vrijednosti kriterijuma. Odlučivanje je ograničeno na sedam kriterijuma i pet alternativa. Kriterijumi za ovo istraživanje su odabrani sa aspekta potreba preduzeća. U prvom koraku rangiraju se kriterijumi iz unaprijed definisanog skupa kriterijuma, koji se vrši prema značaju kriterijuma:

$$C_1 = C_7 > C_2 > C_3 > C_4 > C_6 > C_5$$

Iz rangiranja kriterijuma vidi se da su u ovom slučaju potrošnja goriva i tipovi motora se ekološkog aspekta kao najvažniji kriterijumi ovog preduzeća. Nakon njih po značaju slijedi nabavna cijena i snabdjevenost rezervnim dijelovima.

U drugom koraku vrši se uzajamno poređenje kriterijuma i komparativni prioritet (tabela 1):

Tabela 1. Rezultati poređenja kriterijuma

Kriterijum	K <sub>1</sub>	K <sub>7</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>5</sub>
Wk/(k+1)	1	1	1,2	2,0	2,5	3,2	4,5

U trećem koraku izračunavaju se konačne vrijednosti težinskih koeficijenata kriterijuma procjene:

$$\begin{aligned} \varphi_{C1/C7} &= 1/1 = 1, & \varphi_{C7/C2} &= 1.2/1 = 1.2 \\ \varphi_{C2/C3} &= 2/1.2 = 1.67, & \varphi_{C3/C4} &= 2.5/2 = 1.25 \\ \varphi_{C4/C6} &= 3.2/2.5 = 1.28, & \varphi_{C6/C5} &= 4.5/3.2 = 1.41 \end{aligned}$$

Prema izrazu (4) vrši se proračun pa slijedi :

$$\begin{aligned} C_1 / C_2 &= 1 \cdot 1.2 = 1.2, & C_7 / C_3 &= 1.2 \cdot 1.67 = 2.0 \\ C_2 / C_4 &= 1.67 \cdot 1.25 = 2.09, \\ C_3 / C_6 &= 1.25 \cdot 1.28 = 1.6, \\ C_4 / C_5 &= 1.28 \cdot 1.41 = 1.8 \end{aligned}$$

U posljednjem dijelu trećeg koraka na osnovu izraza (5) vrši se konačni model za određivanje konačnih vrijednosti koeficijenata težine kriterijuma procjene:

$$\begin{aligned} \min \chi \\ \text{s.t.} \begin{cases} \left| \frac{w_1}{w_7} - 1 \right| = \chi, & \left| \frac{w_7}{w_2} - 1.2 \right| = \chi, & \left| \frac{w_2}{w_3} - 1.67 \right| = \chi, \\ \left| \frac{w_3}{w_4} - 1.25 \right| = \chi, & \left| \frac{w_4}{w_6} - 1.28 \right| = \chi, & \left| \frac{w_6}{w_5} - 1.41 \right| = \chi, \\ \left| \frac{w_1}{w_2} - 1.2 \right| = \chi, & \left| \frac{w_7}{w_3} - 2 \right| = \chi, & \left| \frac{w_2}{w_4} - 2.09 \right| = \chi, \\ \left| \frac{w_3}{w_6} - 1.6 \right| = \chi & \left| \frac{w_4}{w_5} - 1.8 \right| = \chi \end{cases} \\ \sum_{j=1}^7 w_j = 1, w_j \geq 0, \forall j \end{aligned}$$

navedenih relacija korištenjem LINGO 17 softvera dobijaju se finalne vrijednosti kriterijuma evaluacije :

$$\begin{aligned} w_1 &= 0.234, & w_2 &= 0.195, & w_3 &= 0.117, \\ w_4 &= 0.094, & w_5 &= 0.052, & w_6 &= 0.073, \\ w_7 &= 0.234, \end{aligned}$$

a stepen konzistentnosti ( $\chi$ ) dobijenih rezultata iznosi  $\chi = 0.0013$  ili 0,13%.

### 3.2. Vrednovanje i izbor transportnog sredstva primjenom MABAC metode

Nakon izračunavanja vrijednosti težinskih koeficijenata, slijedi proračun i rangiranje alternativa

korištenjem MABAC metode. Vrijednosti u skali snabdjevenost rezervnim dijelovima (C3) i tipovi motora sa ekološkog aspekta (C7) su prikazani: 1 – veoma loše; 3 - loše; 5 - srednje; 7 - dobro; 9 – veoma dobro.

U tabeli (2) prikazana je početna matrica više-kriterijumskog modela:

Tabela 2. Početna matrica višekriterijumskog modela

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>
A <sub>1</sub>	25,5	120000	7	1	22	450	9
A <sub>2</sub>	30	95000	3	4	22	462	9
A <sub>3</sub>	29	85000	7	5	21	460	7
A <sub>4</sub>	30	110000	9	5	18	440	7
A <sub>5</sub>	28	135000	9	2	14	630	9
	min	min	max	min	max	max	max

Prvi korak je normalizacija elemenata početne matrice koja se vrši prema izrazu (8 i 9) i prikazane su u tabeli (3):

$$\begin{aligned} t_{11} &= \frac{25.5 - 30}{25.5 - 30} = 1 \\ t_{12} &= \frac{120000 - 135000}{85000 - 135000} = 0.300 \end{aligned}$$

Tabela 3. Normalizovane vrijednosti elemenata početne matrice

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>
A <sub>1</sub>	1	0.300	0.667	1	1	0.053	1
A <sub>2</sub>	0	0.800	0	0.250	1	0.116	1
A <sub>3</sub>	0.222	1	0.667	0	0.875	0.105	0
A <sub>4</sub>	0	0.500	1	0	0.500	0	0
A <sub>5</sub>	0.444	0	1	0.750	0	1	1

Nakon formiranja normalizovane matrice slijedi otežavanje matrice prema izrazu (11), rezultati su prikazani u tabeli (4):

$$\begin{aligned} V_{11} &= 0.234 * 1 + 0.234 = 0.468 \\ V_{12} &= 0.195 * 0.300 + 0.195 = 0.254 \end{aligned}$$

Tabela 4. Otežane vrijednosti normalizovane matrice

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>
A <sub>1</sub>	0.468	0.254	0.195	0.188	0.104	0.077	0.468
A <sub>2</sub>	0.234	0.351	0.117	0.118	0.104	0.081	0.468
A <sub>3</sub>	0.286	0.390	0.195	0.094	0.098	0.081	0.234
A <sub>4</sub>	0.234	0.292	0.234	0.094	0.078	0.073	0.234
A <sub>5</sub>	0.338	0.195	0.234	0.164	0.052	0.146	0.468

Sljedeći korak je određivanje matrice graničnih aproksimativnih oblasti koji se vrši prema izrazu (12):

$$g_1 = (0.468 * 0.234 * 0.286 * 0.234 * 0.338)^{1/5} = 0.3012$$

Tabela 5. Matrica graničnih aproksimativnih oblasti

GA O	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>
g <sub>i</sub>	0.30 1	0.28 8	0.18 9	0.12 6	0.08 4	0.08 8	0.35 5

U tabeli (6) prema izrazu (15) prikazan je proračun elemenata matrice udaljenosti alternativa od granične aproksimativne oblasti:

$$Q_{11} = 0.468 - 0.3012 = 0.1668$$

$$Q_{12} = 0.254 - 0.2880 = -0.0340$$

Tabela 6. Matrica udaljenosti alternativa od graničnih aproksimativnih oblasti (GAO)

	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	K <sub>7</sub>
A <sub>1</sub>	0.167	-0.034	0.006	0.062	0.019	-0.011	0.113
A <sub>2</sub>	-0.067	0.063	-0.072	-0.008	0.019	-0.007	0.113
A <sub>3</sub>	-0.015	0.102	0.006	-0.032	0.013	-0.007	-0.121
A <sub>4</sub>	-0.067	0.004	0.045	-0.032	0.006	0.0154	0.121
A <sub>5</sub>	0.037	-0.093	0.045	0.038	-0.032	0.058	0.113

Poslednji korak je sumiranje rastojanja alternativa od graničnih aproksimativnih oblasti po redovima i prikazano je u tabeli (7):

Tabela 7. Rang alternativa

	Q <sub>i</sub>	Rang
A <sub>1</sub>	0.3215	1
A <sub>2</sub>	0.0405	3
A <sub>3</sub>	-0.0545	4
A <sub>4</sub>	-0.1935	5
A <sub>5</sub>	0.1645	2

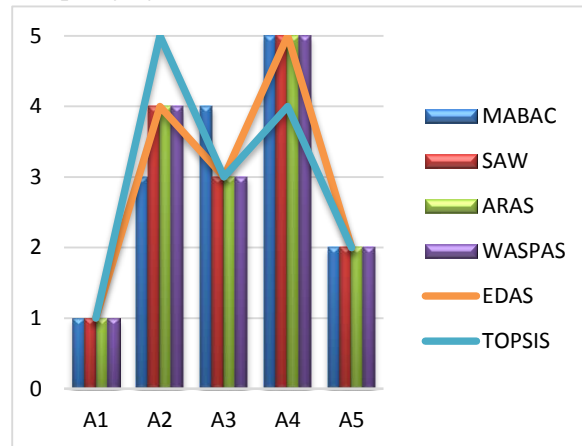
U tabeli 7 se vidi prednost alternative A<sub>1</sub> sa vrijednosti Q<sub>i</sub> u odnosu na ostale alternative. Alternativa A<sub>1</sub> sa pripadajućim kriterijumima važi za najpogodniju u ovoj analizi.

#### 4. ANALIZA OSETLJIVOSTI

U analizi osetljivosti izvršeno je poređenje dobijenih rezultata sa drugim metodama kako bi se verificovali dobijeni rangovi. Poređenje je izvršeno sa SAW [14], ARAS [15], WASPAS [16], TOPSIS [17] i EDAS [18].

Sa slike 1 mogu se uočiti određene razlike u rangovima primjenom različitih VKO metoda. Bitno je

napomenuti da primjenom svih metoda prve dve alternative zadržavaju svoje rangove. Treća i četvrta alternativa samo na jednom mjestu gube svoju početnu poziciju. Uprkos određenim razlikama u rangovima može se zaključiti da postoji velika korelacija istih u svim primjenjenim metodama.



Slika 1 - Rezultati analize osetljivosti

#### 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu primjenjene su metode koje omogućavaju izbor najpogodnijeg transportnog sredstva za logističku kompaniju. Određivanje težinskih vrijednosti kriterijuma i rangiranje alternativa izvršeno je kombinovanjem FUCOM-MABAC metoda. Ova metodologija može biti vrlo korisna za strateško upravljanje kompanijom kako bi se poboljšala njihova efikasnost. Primjenom FUCOM metode dobijene su težinske vrijednosti koeficijenta koji se kao ulazni parametri za MABAC metodu koriste u daljem proračunu. Izbor je izvršen između pet alternativa: Scania R450, DAF XF 460, Volvo FH 460, MAN TGX 440, MERCEDES actros 3363.

Alternativa Scania R450 se sa svojim karakteristikama u odnosu na ostale alternative znatno ističe po vrijednosti. S tim u vezi, došlo se do zaključka da je ova alternativa najprihvatljivije rješenje što se može vidjeti u rezultatima primjenjenih metoda. Takođe može vidjeti da alternativa MAN TGX 440 sa svojom negativnom vrijednošću zauzima poslednje mjesto i predstavlja se kao najmanje efikasan prilikom izbora.

Primjenom ovakve metodologije moguće je donositi adekvatne odluke koje mogu imati pozitivan uticaj na strateški menadžment kompanija.

#### LITERATURA

- [1] Stević Ž, Pamučar D, Kazimieras Zavadskas E, Čirović G. and Prentkovskis O, The selection of wagons for the internal transport of a logistics company: A novel approach based on rough BWM

- and rough SAW methods. *Symmetry*, 9(11), p.264. 2017.
- [2] Stojić G, Sremac S, & Vasiljković I, A fuzzy model for determining the justifiability of investing in a road freight vehicle fleet. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 1(1), 62-75. 2018.
- [3] Liu F, Aiwu G, Lukovac V, & Vukic M, A multicriteria model for the selection of the transport service provider: A single valued neutrosophic DEMATEL multicriteria model. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 1(2), 121-130. 2018.
- [4] Pamučar D, Stević Ž, Sremac S, A new model for determining weight coefficients of criteria in mcdm models: Full consistency method (fucom). *Symmetry*. 2018
- [5] Badi I, & Abdulshahed A, Ranking the Libyan airlines by using full consistency method (FUCOM) and analytical hierarchy process (AHP). *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 2(1), 1-14. 2019.
- [6] Erceg Ž & Mularifović F, Integrated MCDM model for processes optimization in supply chain management in wood company. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 2(1), 37-50. 2019.
- [7] Bozanic D, Tešić D, & Milićević J, A hybrid fuzzy AHP-MABAC model: Application in the Serbian Army–The selection of the location for deep wading as a technique of crossing the river by tanks. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 1(1), 143-164. 2018.
- [8] Fazlollahtabar H, Smailbašić A, Stević Ž, FUCOM method in group decision-making: Selection of forklift in a warehouse. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*. 2019 49-65. 2019.
- [9] Prentkovskis O, Erceg Ž, Stević Ž, Tanackov I, Vasiljević M & Gavranović M, A new methodology for improving service quality measurement: Delphi-FUCOM-SERVQUAL model. *Symmetry*, 10(12), 757. 2018.
- [10] Nouredine M. & Ristic M, Route planning for hazardous materials transportation: Multicriteria decision making approach. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 2(1), 66-85. 2019
- [11] Rezaei J, Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53, 49-57. 2015.
- [12] Saaty T. L, *The Analytic Hierarchy Process*, McGrawHill, New York. 1980.
- [13] Pamučar D, Ćirović G, The selection of transport and handling resources in logistics centers using Multi-Attributive Border Approximation area Comparison (MABAC), *Expert Systems with Applications*, 42(6), p. 3016-3028, 2015.
- [14] MacCrimmon K. R, Decision making among multiple-attribute alternatives: a survey and consolidated approach (No. RM-4823-ARPA). RAND CORP SANTA MONICA CA 1968.
- [15] Zavadskas E. K. & Turskis Z, A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision making. *Technological and Economic Development of Economy*, 16(2),- 159-172. 2010.
- [16] Zavadskas E. K, Turskis Z, Antucheviciene J. & Zakarevicius A, Optimization of weighted aggregated sum product assessment. *Elektronika ir elektrotechnika*, (6 (122)), 3-7. 2012.
- [17] Hwang C. L, Yoon K, *Multiple attributes decision making methods and applications*, Berlin: Springer. 1981.
- [18] Keshavarz Ghorabae M, Zavadskas E. K, Olfat L. & Turskis Z, Multi-criteria inventory classification using a new method of evaluation based on distance from average solution (EDAS). *Informatica*, 26(3), 435-451, 2015.

## SUMMARY

### MAKING AN INVESTMENT DECISION IN A TRANSPORTATION COMPANY USING AN INTEGRATED FUCOM-MABAC MODEL

*Transport as a logistical subsystem represents a major cause of logistics costs and consequently influences on management of the business results of the company. Therefore, it is necessary to make certain decisions and carry out activities aimed at rationalization and optimization the costs. One way is to make adequate investment decisions that can positively affect the company's business. In this paper, an integrated Full Consistency method (FUCOM) - Multi-Attributive Border Approximation area Comparison (MABAC) model has applied for the selection of transportation mean in the company for international transport. The FUCOM method was applied to determine the significance of the criteria on the basis of which the selection of the vehicle was carried out while using the MABAC method the ranking of the alternatives has performed. After that, a sensitivity analysis was performed to confirm the previously obtained results.*

**Key words:** *FUCOM, MABAC, transportation mean, decision-making, management*