

PRIMJENA FTOPSIS METODE I IGARA PROTIV PRIRODE U IZBORU DOBAVLJAČA

Datum prijave: 20.11.2014.
Datum prihvatanja: 15.12.2014.

UDK:330
Stručni rad

mr. sci Adis Puška
Visoka škola eMPIRICA
Bulevara mira bb, Brčko, Bosna i Hercegovina
Telefon: +387 49-231-111 E-mail: adis.puska@empirica.ba

SAŽETAK: Prvi element lanca opskrbljivanja je izbor dobavljača. Osnovni zadatak svake kompanije je da dobavljač bude partner na koji se može osloniti kompanija, koji će zajedno s kompanijom ulaziti u nova poslove te zajedno dijeliti rizike novih aktivnosti. Izgradnja partnerskih odnosa zahtijeva kompleksan pristup. Izbor dobavljača je individualni problem koji se postavlja pred svaku kompaniju. Ne postoje univerzalna pravila već se svakoj nabavci mora pristupiti ponosob. Uspostavljanje odnosa s dobavljačima je ključna aktivnost svake kompanije jer se uspostavljanjem dobrih odnosa s dobavljačima postiže izgradnja svih drugih modela upravljanja zalihama i proizvodnjom. Pri tome izbor i praćenje dobavljača kod svake kompanije mora biti prva aktivnost upravljanja lancem opskrbljivanja. Tek s uspostavljenim odnosima s dobavljačima je moguće provoditi ostale aktivnosti lanca opskrbljivanja.
Ključne riječi: izbor dobavljača, igre protiv prirode, FTOPSIS.

SUMMARY: The first element of the supply chain is the selection of the supplier. The main task of each company is for a supplier to be a partner on which a company can rely, to enter new business with the company and share risks of the new activities. Building partner relations demands a complex approach. Supplier selection is an individual problem which is posed before each company. There are no universal rules and every supply needs to be approached individually. Establishing relationship with suppliers is the key activity of every company since establishing good connections with suppliers makes foundation for building other models of supply management and production. Selecting and monitoring suppliers with each company needs to be primary activity of supply chain management. Only when supplier relations are established is it possible to implement other activities of supply chain.
Key words: Supplier selection, games against nature, FTOPSIS.

1. UVOD

U svakodnevnom poslovanju kompanija se susreće s izborom dobavljača. Da bi se ovaj problem odlučivanja riješio potrebno je prvenstveno izabrati kriterije po kojima će se dobavljači vrednovati pa pomoću raspoloživog skupa rješenja izabrati dobavljača koji najbolje zadovoljava postavljene kriterije.

Prilikom izbora novog dobavljača ne posvećuje se velika pažnja kao što se posvećuje izboru dobavljača s kojima će kompanija uspostaviti dugoročan partnerski odnos. Izbor novog dobavljača je operativni problem odlučivanja, a izbor dobavljača s kojima će se uspostaviti dugoročni partnerski odnos je strateški problem odlučivanja. Za rješavanje strateških problema odlučivanja obično se koristi grupno odlučivanje. Kod grupnog odlučivanja potrebno je dobiti što više informacija od većeg broja donositelja odluka koji na taj način daju svoj doprinos u odlučivanju, a istovremeno i usložnjavaju donošenje odluke.

Metodologija izbora dobavljača korištena u ovom radu je takva da se od ukupnog broja raspoloživih dobavljača izabere nekoliko dobavljača i s njima se uspostavlja kratkoročna suradnja, a potom se dobavljači prate i vrednuju te se na kraju od toga broja dobavljača izabere jedan ili par dobavljača s kojima će se uspostaviti dugoročni partnerski odnos. Uspostavljanje partnerskih odnosa za kompaniju pridonosi sveukupnom poslovanju kompanija i ostvarivanju konkurentskih prednosti.

Predmet rada je rješavanje problema izbora dobavljača s kojima će se uspostaviti dugoročni partnerski odnos. Za rješavanje ovoga problema odlučivanja koristi će se kombinirani pristup korištenja fuzzy TOPSIS (FTOPSIS) metode i igara protiv prirode kako bi se donositelju odluka pružile dodatne informacije o problemu odlučivanja kroz primjenu grupnog odlučivanja. Na taj način će se sagledati preferencije svih donositelja odluka u kompanijama i svi aspekti procesa odlučivanja.

Pošto se strateški problemi odlučivanja najčešće donose grupnim odlučivanjem cilj rada je predstaviti metodologiju koja će pomoći donositeljima odluka da donesu konačnu odluku, a u ovom slučaju to je izbor dobavljača s kojima će se uspostaviti dugoročna partnerska suradnja. Ova korištena metodologija se može primijeniti u svim vrstama odlučivanja kada se koristi grupno višekriterijsko odlučivanje.

2. VAŽNOST IZBORA DOBAVLJAČA

Mnogi autori naglašavaju važnost izbora dobavljača. „Izbor dobavljača, koji je prvi korak aktivnosti u procesu realizacije proizvoda, počevši od nabavke materijala do isporuke proizvoda. Procjenjuje se da su oni ključni faktor za kompanije koje žele biti uspješne u današnjim tržišnim uvjetima.“ (Gencer, Gурpinar, 2007: 2475.) Efikasnost dobavljača je jedna od najvažnijih kompetencija za lanac opskrbljivanja. (Chun-Ying, Kun-Tzu, 2013: 350.) Uspjeh

lanca opskrbljivanja zavisi od izbora dobavljača. (Jafarnejad, Salimi, 2013, 40.) Proces izbora dobavljača je jedan od najznačajnijih faktora koji ima direktan utjecaj na performanse organizacije. (Singh, i dr., 2012: 157.) Izbor odgovarajućeg dobavljača može značajno smanjiti troškove kompanije i samim time poboljšati konkurentnost kompanije. (Ghodsypour, O'Brien 2001.) Vrednovanje dobavljača i izbor uključuje odluke koje su od ključnog značaja za profitabilnost, rast i opstanak proizvodnih organizacija u sve konkurentnijem globalnom scenariju. (Singh, 2012.)

Važnost strateških partnerskih odnosa s dobavljačima je važna za svaku kompaniju. „Strateško partnerstvo s dobavljačima treba biti formirano za poboljšanje kvalitete, fleksibilnosti i smanjenje vremena proizvodnje.“ (Rajesha, Malliga: 2013: 1283.)

Na izbor dobavljača utječu mnogobrojni faktori. „U posljednjih nekoliko godina, određivanje najboljeg dobavljača u lancu opskrbljivanja postao je ključni strateški faktor. Međutim, ova odluka obično uključuje nekoliko ciljeva ili kriterija, a često je potrebno da se napravi kompromis između eventualno sukobljenih faktora.“ (Liao, Kao, 2011: 10803.)

Prvo cjelovito istraživanje izbora dobavljača izvršio je Dickinson 1966. godine, gdje je identificirao 23 faktora koja utječu na izbor dobavljača (Dickinson, 1966: 5-17). Weber i dr. su u svojoj studiji iz 1991. godine obuhvatili 74 rada koji razmatraju ovu tematiku gdje su grupirali faktore koje je prethodno obradio Dickinson (Weber i dr., 1991: 2-18).

Autori Cheraghi, i dr. su u svom radu obuhvatili 113 radova koji su razmatrali problematiku izbora dobavljača. Oni su ustanovili da su najčešće korišteni faktori za izbor dobavljača: cijena, isporuka i kvaliteta pa potom dalje slijede ostali faktori. (Cheraghi i dr., 2004: 94) Potrebno je naglasiti da je Dickinson utvrdio da različite industrije pridaju različitim faktorima određenu važnost pa se tako ovaj problem odlučivanja razlikuje od primjene u različitim industrijama.

Da bi se pojednostavio proces odlučivanja donositelji odluka u ovoj studiji slučaja su izabrali pet najvažnijih faktora za izbor dobavljača te su ti faktori ocjenjivani kod dobavljača. Korišteni faktori su: kvaliteta proizvoda, fleksibilna i konzistentna isporuka, cijena, garancija i JIT isporuka.

3. FUZZY LOGIKA

Pojam fazi skupa, potpuno suprotan pojmu tradicionalnog aristotelovskog skupa, uvodi Zadeh 1965. godine. Ovim konceptom se dopušta nijansiranje stupnja pripadnosti elementa određenom skupu, tj. svakom elementu pridružujemo realan broj kao indikator stupnja pripadanja tog elementa skupu. (Pavkov, Japundžić, 2012: 129) U radu će se koristiti trouglasti pristup rješavanju fuzzy skupova.

Osnovne operacije u fuzzy skupovima su sljedeće (Sun, 2010: 7746):

Množenje fuzzy brojeva:

$$\tilde{A}_1 \cdot \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) \cdot (l_2, m_2, u_2) = (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2) \quad \text{za} \quad (1)$$

$$l_1, l_2 > 0; m_1, m_2 > 0; u_1, u_2 > 0$$

Oduzimanje fuzzy brojeva:

$$\tilde{A}_1 - \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) - (l_2, m_2, u_2) = (l_1 - l_2, m_1 - m_2, u_1 - u_2) \quad \text{za} \quad (2)$$

$$l_1, l_2 > 0; m_1, m_2 > 0; u_1, u_2 > 0$$

Dijeljenje fuzzy brojeva:

$$\tilde{A}_1 / \tilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) / (l_2, m_2, u_2) = (l_1 / l_2, m_1 / m_2, u_1 / u_2) \quad \text{za} \quad (3)$$

$$l_1, l_2 > 0; m_1, m_2 > 0; u_1, u_2 > 0$$

Recipročnost fuzzy brojeva:

$$\tilde{A}^{-1} = (l_1, m_1, u_1)^{-1} = (1/l_1, 1/m_1, 1/u_1) \quad \text{za} \quad l_1, l_2 > 0; m_1, m_2 > 0; u_1, u_2 > 0 \quad (4)$$

Prilikom provođenja određenih fuzzy metoda potrebno je primjenjivati ove operacije. Smisao ovih osnovnih operacija je da se npr. kod množenja spajaju prvi fuzzy broj jednog skupa sa prvim fuzzy brojem drugog skupa, drugi broj prvog skupa sa drugim brojem drugog skupa itd., znači, nije moguće miješati npr. prvi broj sa drugim i sl.

Za određivanje važnosti pojedinih faktora za izbor dobavljača biti će korištena lingvistička vrijednost prema važnosti koje ima pojedini faktor. Ova važnost je predstavljena u sljedećoj tabeli:

TABELA 1. LINGVISTIČKA VRIJEDNOST FUZZY BROJEVA

Lingvistička varijabla	Fuzzy broj
Veoma mala važnost (VM)	(0, 0, 0.1)
Mala važnost (MM)	(0, 0.1, 0.3)
Srednje mala važnost (SM)	(0.1, 0.3, 0.5)
Srednja važnost (SS)	(0.3, 0.5, 0.7)
Srednja velika važnost (SV)	(0.5, 0.7, 0.9)
Velika važnost (VE)	(0.7, 0.9, 1)
Veoma velika važnost (VV)	(0.9, 1, 1)

Osim korištenja ovdje predstavljenoga trouglastog pristupa rješavanja fuzzy skupova moguće je korištenje dvouglastih i trapezoidnih fuzzy relacija gdje se ove lingvističke vrijednosti transformiraju u dva odnosno četiri fuzzy broja.

4. FTOPSIS METODA

Hwang i Yoon su 1981. godine razvili metodu TOPSIS. „Ona se zasniva na konceptu da odabrana alternativa treba imati najkraću udaljenost od pozitivnog idealnog rješenja i najdužu udaljenost od negativnog idealnog rješenja.“ (Lu, i dr., 2007: 32).

Osnovna logika TOPSIS metode je da se prvo definira idealno pozitivno rješenje i idealno negativno rješenje. Optimalna alternativa je ona koja je u geometrijskom smislu najbliža idealnom pozitivnom rješenju, odnosno najdalja od idealnog negativnog rješenja. Rangiranje alternativa se zasniva na „relativnoj sličnosti s idealnim rješenjem“ čime se izbjegava situacija da alternativa istovremeno ima istu sličnost s pozitivnim i negativnim idealnim rješenjem.

Idealno rješenje se definira pomoću najboljih vrijednosti alternativa za svaki pojedinačni kriterij; obrnuto, negativno idealno rješenje predstavljaju najgore vrijednosti rejtinga alternativa. „Pojmovi

„najbolji“ i „najgori“ interpretiraju se za svaki kriterij posebno, prema tome je li u pitanju maksimizacija ili minimizacija kriterija“. (Srđević, i dr., 2002: 11.)

Kod većine modela odlučivanja „ljudsko razmišljanje je neodređeno i utječe na donošenje odluka pa je tada bolje koristiti FTOPSIS metodu.“ (Farzami, Vafaei, 2013: 451.)

Koraci u provođenju FTOPSIS metode su:

Korak 1. Identifikacija kriterija za ocjenjivanje alternativa.

Korak 2. Generiranje alternativa.

Korak 3. Vrednovanje alternativa u smislu kriterija.

Korak 4. Identificiranje težine kriterijima. (Jahanshahloo, et. al., 2006: 1548.)

Korak 5. Vrednovanje preferencija putem fuzzy skupova i formiranje matrice odlučivanja.

Korak 6. Lingvistička transformacija preferencija korištenjem navedene transformacije predstavljene tabelom 1., zatim slijedi rangiranje alternativa i kriterija putem sljedećih jednačina:

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{K} (\tilde{x}_{ij}^1 + \tilde{x}_{ij}^2 + \dots + \tilde{x}_{ij}^K), \tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) \quad (5)$$

$$\tilde{w}_{ij} = \frac{1}{K} (\tilde{w}_{ij}^1 + \tilde{w}_{ij}^2 + \dots + \tilde{w}_{ij}^K), \tilde{w}_{ij} = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}) \quad (6)$$

Korak 7. Normalizacija primjenom linearne transformacije.

Korak 8. Množenje dobivenih vrijednosti putem normalizacije odgovarajućim težinskim koeficijentima.

Korak 9. Određivanje rastojanja alternativa od idealnih rješenja. U ovom koraku se pomoću relacija izračunavaju n-dimenzije Euklidska rastojanja svih alternativa, idealno pozitivnog i idealno negativnog rješenja.

$$A^* = (v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*) \text{ gdje je } : v_j^* = (1, 1, 1) \quad (7)$$

$$A^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-) \text{ gdje je } : v_j^- = (0, 0, 0) \quad (8)$$

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), \quad i=1, 2, \dots, m \quad (9)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i=1, 2, \dots, m \quad (10)$$

Korak 10. Određivanje relativne blizine alternativa idealnom rješenju. Za svaku alternativu određuje se relativno rastojanje na osnovu sljedeće formule:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, \quad i=1, 2, \dots, m \quad (11)$$

Rezultat FTOPSIS metode je u intervalu: $0 \leq Qi^* \leq 1$. Kada je alternativa A_i bliža idealnom rješenju onda je vrijednost Qi^* bliža jedinici. Alternativa A_j će poprimiti vrijednost 1 ako su njene vrijednosti identične sa pozitivnim idealnim rješenjem, a vrijednost 0 ako su vrijednosti ove alternative identične sa negativnim idealnim rješenjem.

5. IGRE PROTIV PRIRODE

Kod igara protiv prirode „imamo jednog igrača koji treba izabrati neku akciju, a rezultati izabrane akcije zavise od stanja okruženja.“ (Kozarević, 2009: 89.) Međutim, ovdje se neće primjenjivati ove metode u uvjetima neizvjesnosti već u grupnom odlučivanju, gdje će se izabrati najbolje akcije primjenom odgovarajućih metoda.

Kriteriji koji se najčešće koriste kod izbora optimalne strategije su (Pažek, Rozman, 2009.):

- Waldov kriterij pesimizma;
- Maximax kriterij;
- Hurwicsov kriterij;
- Savage-Niehansov kriterij minimalnog žaljenja;
- Laplaceov kriterij maksimalnog prosječnog plaćanja.

Waldov kriterij pesimizma polazi od toga da će se dogoditi onaj događaj koji je najnepovoljniji za određene akcije te od tih nepovoljnih događaja donositelj odluka će izabrati onu akciju koja ima najveću vrijednost nepovoljnog događaja, tj. koristit će se pesimistički pristup u odlučivanju. Ovaj kriterij prvo pronalazi najmanje vrijednosti određenih akcija pa se od tih vrijednosti akcija odabere ona koja ima najveću vrijednost. Ukoliko postoji više najboljih rješenja postupak se nastavlja sve dok se ne izabere jedna akcija. Znači sada se odabire sljedeća najmanja vrijednost akcija, ali samo za one akcije koje su imale najbolje vrijednosti Waldovog kriterija. Izraz za ovaj kriterij je sljedeći:

$$\max_i \{ \min_j (u_{ij}) \}, i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, n \quad (12)$$

Kriterij Maximax ili kriterij optimizma polazi od toga da će se realizirati onaj događaj koji omogućuje da se izabranom akcijom postigne najbolji mogući rezultat. Ovaj kriterij se svodi na upoređivanje maksimalnih rezultata. Ukoliko ima više maksimalnih rezultata gledaju se sljedeći maksimalni rezultati za one akcije koje imaju iste najbolje rezultate. Izraz za ovaj kriterij je:

$$\max_i \{ \max_j (u_{ij}) \}, i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, n \quad (13)$$

Hurwicsov kriterij polazi od toga da nema mjesta za osnovani pesimizam i optimizam te se dodjeljuju težina λ za parametar optimizma i $1-\lambda$ za parametar pesimizma. Zbir ovih težina je jednak jedinici. Izraz za ovaj kriterij je sljedeći:

$$\max_i \{ \max_j (u_{ij}) \cdot \lambda + \min_j (u_{ij}) \cdot (1-\lambda) \}, i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, n \quad (14)$$

Donositelj odluka odabire onu akciju koja ima najveću vrijednost Hurwicsovog kriterija.

Kod Savage-Niehansovog kriterija potrebno je prvo formirati novu tabelu koja se naziva tabela gubitka, kajanja pa se na nju primjeni sljedeći izraz:

$$\min_j \{ \max_i (u_{ij}) \}, i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, n \quad (15)$$

Tabela gubitka se formira tako što se korigira početna matrica odlučivanja na taj način što se od maksimalnih vrijednosti kolona oduzmu vrijednosti početne matrice po tim kolonama. Primjenom ovoga kriterija se izabire ona akcija koja minimizira kajanje donositelja odluka.

Laplaceov kriterij polazi od toga da su sve opcije moguće te da se svima treba dodijeliti jednaka važnost. Ovaj kriterij daje istu važnost svim kriterijima pa je rezultat ovoga kriterija ustvari prosječna vrijednost pojedinih akcija. Odabire se akcija koja ima najveću vrijednost.

6. PRAKTIČNA PRIMJENA IZBORA DOBAVLJAČA

Svaka kompanija se susreće sa problemom izbora dobavljača. U ovom dijelu će se predstaviti način na koji se može izvršiti proces odlučivanja za izbor dobavljača. Ovakav pristup ne treba ograničavati samo na ovaj segment poslovanja već se može primjenjivati u svim segmentima gdje postoji višekriterijsko grupno odlučivanje.

Za objašnjavanje metodologije uspostavljanje dugoročnog odnosa s dobavljačima biti će iskorišteni podaci kompanije u ovoj studiji slučaja odnosno donosioci odluka sa svojim ocjenama određenih dobavljača. Zbog zaštite podataka od kojih dobavljača nabavljaju i s kojima su sklopili dugoročne partnerske odnose ovdje će se dobavljači predstaviti brojem od jedan do deset. Kompanija obuhvaćena ovom studijom slučaja je proizvodna kompanija.

Metodologija za izbor dobavljača s kojima će se uspostaviti dugoročni odnos se sastoji od sljedećih koraka:

Korak 1. Vrednovanje alternativa pomoću lingvističkih relacija donositelja odluka;

Korak 2. Transformacija lingvističkih vrijednosti u fuzzy brojeve;

Korak 3. Rangiranje i redukcija osnovnog skupa alternativa putem FTOPSIS metode;

Korak 4. Praćenje i vrednovanje redukovanog skupa alternativa putem lingvističkih vrijednosti korištenjem grupnog donošenja odluka;

Korak 5. Transformacija lingvističkih vrijednosti u fuzzy brojeve;

Korak 6. Primjena FTOPSIS metode; Ukoliko ovaj korak ne daje jedinstveno rješenje problema primjenjuju se ostali koraci;

Korak 7. Dobijanje dodatnih informacija korištenjem igara protiv;

Korak 8. Kombinacija rezultata FTOPSIS metode s rezultatima dobivenih primjenom različitih kriterija u igri protiv prirode i donošenje konačne odluke.

Prilikom izbora novog dobavljača biti će korišteno pet odabranih faktora za vrednovanje dobavljača. Pošto je u pitanju operativna odluka izbora dobavljača s kojima će se uspostaviti poslovna suradnja i od kojih se neće nabavljati velika količina sirovina i repromaterijala ova odluka će se donijeti pomoću lingvističkih relacija direktora za pojedine dobavljače:

TABELA 2. LINGVISTIČKO VREDNOVANJE NOVIH DOBAVLJAČA

	Kvaliteta proizvoda	Fleksibilnost isporuke	Neto Cijena	Garancije	JIT isporuka
Dobavljač 1	SS	SV	SS	VE	SS
Dobavljač 2	SV	SS	SV	SS	SV
Dobavljač 3	SS	VE	VE	SV	SS
Dobavljač 4	VE	VE	SS	VV	SV
Dobavljač 5	SV	VV	VV	SS	VE
Dobavljač 6	VV	SV	SV	VE	VV
Dobavljač 7	SS	VE	VV	VV	SV
Dobavljač 8	VE	VV	SS	VE	SS
Dobavljač 9	VV	VE	SV	SV	SV
Dobavljač 10	VE	VV	VE	VV	VE
Težine kriterija	VV	VE	SV	VE	SV

Transformacijom lingvističkih vrijednosti u fuzzy skupove korištenjem Tabele 1. dobije se sljedeća relacija donositelja odluka:

TABELA 3. TRANSFORMACIJA LINGVISTIČKIH RELACIJA U FUZZY BROJEVE

	Kvaliteta proizvoda	Fleksibilnost isporuke	Neto Cijena	Garancije	JIT isporuka
Dobavljač 1	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.7, 0.9, 1)	(0.3, 0.5, 0.7)
Dobavljač 2	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.5, 0.7, 0.9)
Dobavljač 3	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.7, 0.9, 1)	(0.7, 0.9, 1)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)
Dobavljač 4	(0.7, 0.9, 1)	(0.7, 0.9, 1)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.9, 1, 1)	(0.5, 0.7, 0.9)
Dobavljač 5	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.9, 1, 1)	(0.9, 1, 1)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.7, 0.9, 1)
Dobavljač 6	(0.9, 1, 1)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1)	(0.9, 1, 1)
Dobavljač 7	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.7, 0.9, 1)	(0.9, 1, 1)	(0.9, 1, 1)	(0.5, 0.7, 0.9)
Dobavljač 8	(0.7, 0.9, 1)	(0.9, 1, 1)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.7, 0.9, 1)	(0.3, 0.5, 0.7)
Dobavljač 9	(0.9, 1, 1)	(0.7, 0.9, 1)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)
Dobavljač 10	(0.7, 0.9, 1)	(0.9, 1, 1)	(0.7, 0.9, 1)	(0.9, 1, 1)	(0.7, 0.9, 1)
Težine kriterija	(0.9, 1, 1)	(0.7, 0.9, 1)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1)	(0.5, 0.7, 0.9)

Donositelj odluka je svakom kriteriju dodijelio određenu težinu pa je potrebno izvršiti „otežavanje“ pojedinih vrijednosti dobavljača s odgovarajućim te-

žinama prije nego što se izračuna rang poredak pomoću TOPSIS metode.

TABELA 4. „OTEŽANI“ FUZZY SKUPOVI

	Kvaliteta proizvoda	Fleksibilnost isporuke	Neto Cijena	Garancije	JIT isporuka
Dobavljač 1	(0.27,0.50,0.70)	(0.35,0.63,0.90)	(0.15,0.35,0.63)	(0.49,0.81,1.00)	(0.15,0.35,0.63)
Dobavljač 2	(0.45,0.70,0.90)	(0.21,0.45,0.70)	(0.25,0.49,0.81)	(0.21,0.45,0.70)	(0.25,0.49,0.81)
Dobavljač 3	(0.27,0.50,0.70)	(0.49,0.81,1.00)	(0.35,0.63,0.90)	(0.35,0.63,0.90)	(0.15,0.35,0.63)
Dobavljač 4	(0.63,0.90,1.00)	(0.49,0.81,1.00)	(0.15,0.35,0.63)	(0.63,0.90,1.00)	(0.25,0.49,0.81)
Dobavljač 5	(0.45,0.70,0.90)	(0.63,0.90,1.00)	(0.45,0.70,0.90)	(0.21,0.45,0.70)	(0.35,0.63,0.90)
Dobavljač 6	(0.81,1.00,1.00)	(0.35,0.63,0.90)	(0.25,0.49,0.81)	(0.49,0.81,1.00)	(0.45,0.70,0.90)
Dobavljač 7	(0.27,0.50,0.70)	(0.49,0.81,1.00)	(0.45,0.70,0.90)	(0.63,0.90,1.00)	(0.25,0.49,0.81)
Dobavljač 8	(0.63,0.90,1.00)	(0.63,0.90,1.00)	(0.15,0.35,0.63)	(0.49,0.81,1.00)	(0.15,0.35,0.63)
Dobavljač 9	(0.81,1.00,1.00)	(0.49,0.81,1.00)	(0.25,0.49,0.81)	(0.35,0.63,0.90)	(0.25,0.49,0.81)
Dobavljač 10	(0.63,0.90,1.00)	(0.63,0.90,1.00)	(0.35,0.63,0.90)	(0.63,0.90,1.00)	(0.35,0.63,0.90)

Na ovu tabelu se potom primjenjuju izrazi (7), (8), (9) i (10) pa se izrazom (11) formira konačna rang lista dobavljača.

TABELA 5. RANGIRANJE DOBAVLJAČA PRIMJENOM FTOPSIS METODE

	d ⁺	d ⁻	CC	Rang
Dobavljač 1	3,3686	3,6963	0,5232	10
Dobavljač 2	3,2502	3,5787	0,5241	9
Dobavljač 3	3,0244	3,9845	0,5685	8
Dobavljač 4	2,6241	4,6954	0,6415	6
Dobavljač 5	2,4771	4,5098	0,6455	4
Dobavljač 6	2,2186	4,8691	0,6870	2
Dobavljač 7	2,5125	4,5404	0,6438	5
Dobavljač 8	2,8793	4,5743	0,6137	7
Dobavljač 9	2,4771	4,6914	0,6544	3
Dobavljač 10	1,8132	5,1431	0,7393	1

Na osnovu rangiranja odabrana su četiri dobavljača i od njih je naručeno nekoliko manjih narudžbi koje su praćene. Poslije određenog vremena je odlučeno da od njih treba odabrati jednog dobavljača s kojim će se sklopiti dugoročni partnerski odnosi. Pošto je odluka o dugoročnoj suradnji s dobavljačima sastavni dio strateških odluka u donošenju odluka će sudjelovati četiri funkcijska direktora koji će putem lingvističkih vrijednosti vrednovati svakoga od ovih dobavljača. Njihove preferencije su date u sljedećoj tabeli.

TABELA 6. LINGVISTIČKE RELACIJE FUNKCIJSKIH DIREKTORA

	Direktor marketinga					Direktor proizvodnje					Direktor nabavke					Direktor finansija				
	KP	FI	NC	GA	JT	KP	FI	NC	GA	JT	KP	FI	NC	GA	JT	KP	FI	NC	GA	JT
Dob. 5	SV	SS	VV	SS	VE	VE	VV	SS	VE	VV	SS	SV	VE	SS	VE	VE	VV	VV	SV	SS
Dob. 6	SS	SV	SS	VV	SV	VV	SS	SV	VV	SV	VE	VV	VE	VE	SV	SV	VE	VE	SS	VV
Dob. 9	VV	VE	VV	SS	SS	VE	VV	VE	SS	SS	SV	VE	SS	SV	VE	VV	VE	VV	SV	VE
Dob.10	SS	SS	VE	SV	VE	VV	SV	VV	VV	VE	VE	SS	SV	VE	SS	SS	VV	SV	VE	SV
Težine	SV	VE	VE	SV	VE	SV	VE	SV	SV	VE	VE	VE	SV	VE	SV	SV	VE	VE	SV	SV

Kvaliteta proizvoda (KP); Fleksibilnost isporuke (FI); Neto cijena (NA); Garancije (GA); JIT isporuka (JT)

Ovaj problem odlučivanja pripada grupnom odlučivanju gdje su pojedini funkcijski direktori dali svoje preferencije za određene dobavljače. Na osnovu njihovih preferencija će se izračunati vrijednosti FTOPSIS-a za svakoga funkcijskog direktora pa će se

primjenom igara protiv prirode dobiti rezultati ovoga tipa odlučivanja.

Na način kao što je predstavljen u prethodnom dijelu rada, vrši se transformisanje lingvističkih preferencija u fuzzy brojeve, potom se vrši „otežavanje“ tih brojeva i izračunava se vrijednosti FTOPSIS-a.

TABELA 7. REZULTATI FTOPSIS METODE

	Direktor marketinga		Direktor proizvodnje		Direktor nabavke		Direktor finansija	
	FTOPSIS	Rang	FTOPSIS	Rang	FTOPSIS	Rang	FTOPSIS	Rang
Dob. 5	0,5786	2	0,6403	2	0,5536	4	0,6210	2
Dob. 6	0,5488	4	0,5886	3	0,6871	1	0,6065	3
Dob. 9	0,6065	1	0,5755	4	0,5938	2	0,6744	1
Dob.10	0,5654	3	0,6854	1	0,5654	3	0,5876	4

Kao što se može vidjeti iz ove tabele vrijednosti i rang poredak je neujednačen pa se ne može donijeti jednoglasna odluka o uspostavljanju dugoročnih partnerskih odnosa s jednim od ovih dobavljača. Da bi se dobile dodatne informacije potrebne za odlučiva-

nje koristiti će se igre protiv prirode, koje će se primjenjivati na vrijednosti FTOPSIS-a. Potrebno je spomenuti da će se kod Hurwicz-ovoga kriterija primjeniti ista težina za optimizam i pesimizam odnosno biti će vrednovani sa $\lambda = 0,5$ odnosno $1-\lambda = 0,5$

TABELA 8. REZULTATI IGARA PROTIV PRIRODE

	Wald		Hurwicz		Maximax		Savage-Niehans		Laplace	
	Rezultat	Rang	Rezultat	Rang	Rezultat	Rang	Rezultat	Rang	Rezultat	Rang
Dob. 5	0,5536	3	0,5970	4	0,6403	4	0,1335	4	0,5984	4
Dob. 6	0,5488	4	0,6180	3	0,6871	1	0,0968	1	0,6078	2
Dob. 9	0,5755	1	0,6250	2	0,6744	3	0,1099	2	0,6126	1
Dob.10	0,5654	2	0,6254	1	0,6854	2	0,1217	3	0,6010	3

Rezultati primjene ovih kriterija nisu dali jednaki poredak alternativa te je potrebno nastaviti proces odlučivanja. Ovdje će se konačna odluka donijeti primjenom sabiranja rang poredaka alternativa. Sabrati će se rang vrijednosti pojedinih preferencija funkcijskih direktora dobijenim FTOPSIS metodom i rang poreci kriterija igara protiv prirode pa će se te vrijednosti uporediti.

TABELA 9. ZBIR RANG POREDAKA ALTERNATIVA

	Zbir rang poredaka	
	FTOPSIS	Igre protiv prirode
Dob. 5	10	17
Dob. 6	11	11
Dob. 9	8	9
Dob.10	11	11

Na ovaj način se može vidjeti da dobavljač 9 ima najbolju vrijednost tj. zbir njegovog rang poretka je najmanji. U ovom primjeru je moguće vidjeti da je ovaj dobavljač najbolji po oba pristupa tj. određivanje rang poredaka putem FTOPSIS metode te korištenjem različitih kriterija igara protiv prirode u primjeni rezultata FTOPSIS metode.

Korištenjem ove metodologije donositelji odluka u kompaniji obuhvaćene ovom studijom slučaja su odlučili da sklope dugoročni partnerski odnos s dobavljačem 9 te na taj način pokušaju unaprijediti svoje poslovanje i svoju konkurentsku poziciju na tržištu.

7. ZAKLJUČAK

Ovaj rad je predstavio metodologiju izbora dobavljača kombinovanjem FTOPSIS metode i kriterijima igara protiv prirode. Pri tome su se transformirale lingvističke relacije donositelja odluka u trouglaste fuzzy brojeve.

Pri svakom problemu odlučivanja potrebno je prvo izvrši restrikciju alternativa. Previše alternativa otežava posao donositelju odluka pa je stoga potrebno reducirati alternative što je u predstavljenoj me-

todologiji i učinjeno. Nakon što se izvrši reduciranje alternativa potrebno je alternative pratiti i dodatno vrednovati kako bi se na kraju donijela konačna odluka putem grupnog odlučivanja.

Korištena metodologija se sastojala iz osam koraka. Pri tome su prva tri koraka korištena za redukciju osnovnog skupa alternativa. Potom se nastavljao proces odlučivanja korištenjem grupnog odlučivanja. Ukoliko su individualne preferencije donositelja odluka slične moguće je dobiti konačnu odluku poslije šestog koraka i tako završiti postupak donošenja odluka. Ukoliko su individualne preferencije donositelja odluka različite nije moguće dobiti konačnu odluku te se tada primjenjuju ostali koraci predstavljene metodologije.

Primjenom ove metodologije dobavljač 9 je pokazao najbolje karakteristike iako je prvim rangiranjem on zauzeo tek treće mjesto. Ovo neslaganje je zbog toga što kompanija obuhvaćena ovom studijom slučaja nije direktno bila upoznata s njegovim načinom poslovanja već je to odlučivanje bilo pomoću indirektnih informacija. Kroz cijelu ovu korištenu metodologiju izdvajala su se tri dobavljača i to dobavljač 6, 9 i 10 koji se nalaze na prva tri mjesta u svim porecima. Ukoliko se želi uspostaviti još dugoročnih partnerskih odnosa sa dobavljačima onda su ova dva dobavljača logičan izbor.

Predstavljena metodologija se može koristiti u bilo kom višekriterijskom grupnom problemu odlučivanja, a ne samo u izboru dobavljača.

LITERATURA

1. Cheraghi H., Dadashzadeh M., Subramanian M. (2004) Critical Success Factors For Supplier Selection: An Update, Journal of Applied Business Research, 20/2 (91-108);
2. Chun-Ying S, Kun-Tzu Y. (2013) Strategic vender selection criteria, Information Technology and Quantitative Management (ITQM2013), Procedia Computer Science, 17 (350 - 356);
3. G. W. Dickson. (1966). An analysis of vendor selection system and decisions. Journal of Purchasing, 2 (5-17);
4. Farzami S. M., Vafaei F. (2013) Evaluation and Selection of Optimal Contractor to execute project Using FTOPSIS Method (Case Study: Kermanshah Gas Com-

- pany), *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 6/4 (450-459);
5. Gencer C., Gurpinar D., (2007) Analytic network process in supplier selection: A case study in an electronic firm, *Applied Mathematical Modelling*, 31 (2475-2486);
 6. Ghodsypour, S.H., O'Brien C. (2001) The total cost of logistics in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint. *International Journal of Production Economics*, 73/1 (15-27);
 7. Jafarnejad A., Salimi M. (2013) Grey TOPSIS method for supplier selection with literature and Delphi criteria in an auto company, *Academia Arena*, 5/12 (40-46);
 8. Jahanshahloo, et. al. (2006) Extension of the TOPSIS method for decision-making problems with fuzzy data, *Applied Mathematics and Computation*, 181 (1544-1551)
 9. Kozarević S. (2009) *Konflikt i teorija igara*, OFF-SET, Tuzla;
 10. Liao C-N., Kao H-P. (2011) An Integrated Fuzzy TOPSIS and MCGP Approach to Supplier Selection in Supply Chain Management, *Expert Systems with Applications*, 38 (10803-10811);
 11. Lu J., i dr.. (2007) *Multi-Objective Group Decision Making - Methods, Software and Applications with Fuzzy Set Techniques*, London: Imperial College Press;
 12. Pavkov I., Japundžić M. (2012) Uloga fazi matematike u ekonomskom odlučivanju, *Škola biznisa*, 2 (128-135);
 13. Pažek K., Rozman Č. (2009) Decision Making Under Conditions of Uncertainty in Agriculture: A Case Study of Oil Crops, *Poljoprivreda*, 15/1 (45-50);
 14. Rajesha G., Malligab P. (2013) Supplier Selection Based on AHP QFD Methodology, *International Conference on Design and Manufacturing, IConDM 2013, Procedia Engineering* 64 (1283 - 1292);
 15. Singh A. Pal (2012) Supplier Selection Using MCDM Method in TV Manufacturing Organization, *Global Journal of Researches in Engineering Industrial Engineering*, 1-G (1-9);
 16. Singh, R., i dr.. (2012) Supplier Selection by Technique of Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) Method for Automotive Industry, *International Journal of Advanced Technology & Engineering Research*, 2/2 (157-160);
 17. Srđević B, Srđević Z., Zoranović T. (2002) PROMETHEE, TOPSIS i CP u višekriterijskom odlučivanju u poljoprivredi, *Letopis naučnih radova*, 26/1 (5-27);
 18. Sun C-C. (2012) A performance evaluation model by integrating fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods, *Expert Systems with Applications*, 37 (7745-7754);
 19. Weber, C.A., Current, J.R., Benton, W.C. (1991): Vendor selection criteria and methods. *European Journal of Operational Research* 50 (2-18);