

Pregledni članak

UDK: 005:519.8

doi:10.5937/ekonhor1703193T

MODEL ZA UPRAVLJANJE LANCEM SNABDEVANJA ZASNOVAN NA INTERVALNIM FAZI BROJEVIMA TIP-2 I TOPSIS METODI

Danijela Tadić* i Aleksandar Đorđević

Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu

Poboljšanje performansi lanca snabdevanja rezultira povećanjem efektivnosti poslovanja preduzeća integrisanih u lanac snabdevanja i celog lanca snabdevana. Rešenje problema unapređivanja performansi lanca snabdevanja može se dobiti merenjem i poboljšanjem odnosnih performansi, što predstavlja osnovnu svrhu ovog istraživanja. Relativnu važnost performansi i vrednosti njihovih ključnih indikatora procenjuju donosioci odluka. Njihove procene su opisane lingvističkim variablama, koje su modelirane intervalnim fazi brojevima tipa-2. Relativna važnost performansi je zadata pomoću fazi matrice relativne važnosti svakog para performansi. Ponderi performansi su izračunati pomoću metode sopstvenog vektora. Vrednosti performansi su računane primenom operatora fazi srednje vrednosti. Rang preduzeća sa respektovanjem svih razmatranih performansi i njihova težina su određeni konvencionalnom TOPSIS metodom. Rangiranje preduzeća koja su integrisana u lanac snabdevanja može da se označi kao glavni rezultat istraživanja. Na osnovu dobijenog ranga mogu da se preduzmu odgovarajuće mere za poboljšanje performansi onih preduzeća koja su najlošije ocenjena shodno posmatranim performansama. Predloženi model je testiran na primeru lanca snabdevanja automobilske industrije u Centralnoj Srbiji.

Ključne reči: performanse lanca snabdevanja, intervalni fazi brojevi tipa-2, fazi AHP, TOPSIS, menadžment mere

JEL Classification: C69, L62

UVOD

Upravljanje lancem snabdevanja (LS) predstavlja jedan od najvažnijih problema kako u istraživačkom, tako i u domenu prakse. Razmatrani problem je složen i sastoji se od većeg broja potproblema. Jedan od

potproblema, koji ima kritičan uticaj na efektivnost i konkurensku prednost LS, je merenje i kontinualno poboljšanje performansi LS. Ovaj problem je posebno važan za LS auto industrije, koji doprinose održivom ekonomskom razvoju svake države, a posebno država u razvoju. Automobilska industrija može se posmatrati kao potencijalni stimulan za preduzetništvo pomoću kreiranja novih tržišta i razvoja mnogobrojnih poslova za koje su potrebna veća znanja i veštine. Drugim

* Korespondencija: D. Tadić, Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, Republika Srbija; e-mail: galovic@kg.ac.rs

rečima, povećanje efektivnosti i efikasnosti poslovanja LS u auto industriji dovodi do razvoja regiona u kojem egzistira LS kao i cele države.

Predmet istraživanja u ovom radu jeste ocena i rangiranje preduzeća koja su uključena u LS, respektujući performanse LS. Ocena performansi LS i njihovih Ključnih Indikatora Performansi (KPI) može da se dobije na osnovu procene donosioca odluka. Oni svoje procene zasnivaju na znanju, iskustvu, podacima iz evidencije. Donosioci odluke koriste lingvističke iskaze pomoću kojih opisuju vrednosti egzistirajućih neizvesnosti. Poznato je da je donosiocima odluke lakše da svoja znanja i iskustva iskazuju prirodnim jezikom, nego da ga preslikavaju na neku skalu mera. Koncept lingvističke varijable je uveo L. Zadeh (1975), i definisao je kao varijablu čije su vrednosti reči, a ne brojevi. Modeliranje lingvističkih varijabli može da bude izvršeno primenom različitih teorija, kao, na primer, teorije verovatnoće, teorije fazi skupova (Zimmerman, 2001), i teorije grubih skupova (Pawlak, 1998). Modeliranje neizvesnih podataka pomoću slučajne promenljive zahteva veliki broj relevantnih podataka iz evidencije. Usled brze i neprekidne promene okruženja, gotovo je nemoguće obezbediti dovoljan broj tačnih podataka. Teorija grubih skupova (Pawlak, 1998) može efikasno da se koristi za analizu neizvesnih i nekompletnih informacija, koje su modelovane zatvorenim intervalom. Ovo može da se označi kao glavna prednost teorije grubih skupova u odnosu na teoriju fazi skupova (Zimmerman, 2001), kod koje su neizvesnosti opisane funkcijom raspodele mogućnosti. Mada iz poređenja teorije grubih skupova i teorije fazi skupova proizilazi da teorija fazi skupova ima prednosti u modelovanju nepreciznih i nejasnih podataka (Zhai, Khoo & Zhong, 2009). U ovom radu, sve neizvesnosti su modelirane pomoću intervalnih trougaonih fazi brojeva tipa-2, koji predstavljaju specijalan slučaj generalizovanih tipa-2 fazi skupova. Treba naglasiti da generalizovani fazi skupovi tipa-2 zahtevaju složena matematička izračunavanja, i, stoga, nemaju veliku primenu u opisivanju i modeliranju neizvesnosti u realnim problemima.

Osnovni cilj istraživanja je rangiranje preduzeća unutar lanca snabdevanja, a izvedeni ciljevi su identifikovanje performansi LS i njihovih KPI, modeliranje neizvesnosti u relativnoj važnosti performansi i vrednosti njihovih KPI pomoću intervalnih trougaonih fazi brojeva tipa-2 (Chen & Lee, 2010; Kahraman, Öztayşi, Sarı & Turanoğlu, 2014; Zhang & Zhang, 2017), određivanje težine performansi primenom relativne važnosti performansi, određivanje ranga preduzeća koja su integrisana u LS primenom TOPSIS metode, i preduzimanje odgovarajućih menadžment inicijativa u cilju poboljšanja performansi preduzeća, čime se utiče na povećanje efektivnosti poslovanja LS i njegove konkurentske prednosti.

Osnovna hipoteza glasi:

H_0 : Prioritet mera koje treba da dovedu do poboljšanja performansi preduzeća integrisanih u LS može biti zasnovan na rangu razmatranih preduzeća.

U literaturi se može naći niz metoda za merenje i unapređenje performansi preduzeća u kojima se realizuju različite privredne delatnosti. Međutim, gotovo da nema radova u kojima se razmatra problem ocenjivanja preduzeća povezanih u LS sa respektovanjem performansi LS.

Motivacija za ovaj rad potiče iz pretpostavke da primenom egzaktnih metoda za ocenjivanje preduzeća integrisanih u LS mogu da se dobiju precizniji rezultati na osnovu kojih se definišu mere unapređenja poslovanja LS.

Rad je organizovan na sledeći način. Kratak pregled relevantne literature je prikazan u Sekciji 2. Prikaz performansi LS i njihovih KPI je prikazan u Sekciji 3. Modeliranje neizvesnosti i predloženi algoritam su prikazani u četvrtoj sekciji. Predložena procedura je ilustrovana na podacima dobijenim u LS auto industrije u realnom okruženju. Zaključci su prezentovani u Sekciji 5.

PREGLED LITERATURE

Upravljanje LS je zasnovano na određivanju, merenju i poboljšanju performansi LS i njegovih KPI. A. D. Neely, M. Gregory i K. Platts (1995) sugerišu da kontinualno praćenje vrednosti performansi i preduzimanje mera zasnovanih na dobijenim vrednostima performansi može da dovede do povećanja efektivnosti i efikasnosti upravljanja LS.

U tradicionalnom pristupu upravljanja LS, menadžment tim se fokusirao na jednu performansu, najčešće troškove. Merenjem i poboljšanjem jedne performance LS nije moguće da se ostvari poboljšanje svih, ili makar većine stratezijskih ciljeva, koji su definisani na nivou LS. U literaturi postoje mnogobrojni pristupi predloženi za rešavanje problema određivanja performansi LS i njegovih KPI. Neki autori smatraju da određivanje performansi bilo kog organizacionog sistema, pa tako i LS, može da bude zasnovano na rezultatima najbolje prakse (Coccoa & Alberti, 2010). J. Anitha (2014) smatra da identifikovanje performansi treba da bude zasnovano na analizi podataka koji su dobijeni anketom. Validnost rezultata (u ovom slučaju to je skup performansi LS) može da se potvrdi primenom regresione analize. B. M. Beamon (1999) je sve performance LS grupisao u tri grupe: performance resursa, izlaza, i fleksibilnosti. Respektujući zahteve ISO 9001:2008, kao i rezultate dobre prakse (Nestic, Djordjevic, Puskaric, Zahar Djordjevic, Tadic, & Stefanovic, 2015; Tadić, Đorđević, Erić, Stefanović, & Nestić, 2017), definisane su performance proizvodnih LS. U radu V. Ramesh-a i R. Kodali-a (2012) sumirani su rezultati iz brojnih izvora, i predložena lista performansi za *lean* proizvodni LS. U ovom radu performance LS su određene prema preporukama koje su definisane u *Supply-Chain Operations Reference* - SCOR modelu (Bolstorff & Rosenbaum, 2003), i one su opisane u Sekciji 3.

Vrednosti performansi mogu se dobiti merenjem, ili na osnovu procene donosilaca odluke. Donosioci odluka mogu da koriste unapred definisane skale mera pomoću kojih svoje stavove preslikavaju na skup realnih brojeva. U literaturi se koriste mnogobrojne skale mera, kao, na primer, standardna skala mera (Coccoa & Alberti, 2010). Preslikavanje procena na

skup lingvističkih iskaza umesto na skup preciznih brojeva je daleko bliže ljudskom načinu razmišljanja pa je samim tim i tačnije. Imajući ovu činjenicu u vidu, mnogi autori sugerišu korišćenje lingvističkih iskaza za opisivanje vrednosti performansi (Nestić *et al*, 2015). Modeliranje lingvističkih iskaza (Nestić *et al*, 2015; Tadić *et al*, 2017) zasnovano je na teoriji fazi skupova (Dubois & Prade, 1980; Zimmermann, 2001). Odnosno, ovi lingvistički iskazi su modelirani trougaonim fazi brojevima. Zadatak procene relativne važnosti svake performance je postavljen kao problem fazi grupnog odlučivanja (Nestić *et al*, 2015). Agregirana vrednost procena donosioca odluka je dobijena primenom fazi ponderisanog operatora agregacije (FOWA), koji se široko koristi u literaturi (Merigó & Casanovas, 2008). Ukupna vrednost svake performance se računa kao proizvod relativne važnosti i procenjene vrednosti, i opisana je trougaonim fazi brojem na osnovu pravila fazi algebre (Dubois and Prade, 1980).

Mnogobrojne metode za merenje performansi koje su razvijene na različitim matematičkim i logičkim okvirima mogu da se nađu u literaturi. Ove metode su razvijene za merenje performansi organizacionih sistema koji se međusobno razlikuju po veličini i po privrednoj grani kojoj pripadaju, načinu povezanosti i dr.

Najšire korišćena metoda za merenje performansi u preduzećima u kojima se realizuju različite privredne delatnosti je pristup uravnoteženih pokazatelja (*Balanced Scorecard* - BSC) (Kaplan & Norton, 2008). Primenom ove metode određuju se vrednosti performansi na različitim perspektivama. Na ovaj način, moguće je uspostaviti ravnotežu između dugoročnih i kratkoročnih ciljeva, i između finansijskih i nefinansijskih performansi. Pomoću BSC pristupa moguće je da se stratezijski ciljevi transformišu u skup performansi. Neophodna je primena BSC pristupa na svim nivoima upravljanja, kako bi se ostvarili bolji rezultati merenja performansi (Behery, Jabeen, & Parakandi, 2014). Na ovaj način, postavljanje ciljeva, određivanje prioriteta mera za postizanje ciljeva, i alokacija resursa su značajno jednostavniji, u poređenju sa ostalim tehnikama za merenje performansi. Primenom BSC pristupa,

pojednostavljeno je unapređivanje formulisane strategije upravljanja.

M. Hakimollahi, S. J. Naini, M. Bagherpour, S. Jafari i A. Shahmoradi (2012) su razvili metodu za merenje performansi koja je zasnovana na BSC sa fazi interferentnim mehanizmom. Vrednosti KPI performansi koje su definisane na svakoj BSC perspektivi su određene primenom fazi ako-onda pravila. Procena eksperata o vrednostima KPI-ova je određena na osnovu znanja i iskustva donosilaca odluka. Rang KPI na nivou svih razmatranih procesa, respektujući istovremeno sva preduzeća, dobijen je primenom metode poređenja kontinualnih fazi brojeva (Baas & Kwakernaak, 1977; Dubosi & Prade, 1980; Nestić *et al*, 2015).

Mnogi autori sugerišu da određivanje vrednosti performansi može da se definiše kao zadatak više-atributivnog odlučivanja (Saranga and Moser, 2010; Feili, Farahani, & Vesaghi, 2011). Ocene relativne važnosti KPI-ova na nivou svake performanse i njihove vrednosti su dobijene primenom ankete u kojoj su učestvovali donosioci odluka, koji potiču iz različitih preduzeća koja pripadaju istoj industrijskoj grani (Feili *et al*, 2011). Donosioci odluke su odgovarali na pitanja definisana u anketi tako što su koristili unapred definisane lingvističke iskaze koji su modeliranim trougaonim fazi brojevima. Agregirana vrednost procena donosilaca odluka je računata kao geometrijska sredina procena koje potiču od svih eksperata koji učestvuju u anketi. Ponderisane agregirane vrednosti KPI unutar svake performanse računaju se kao proizvod pondera i procenjene vrednosti. Prioritet KPI na nivou svake performanse je dobijen primenom fazi Analitičkog Hijerarhijskog Procesu (AHP) (Chang, 1996). H. Saranga i R. Moser (2010) sugerišu korišćenje *Data Envelopment Analyses* - DEA metode za određivanje vrednosti performansi. Neizvesnosti u relativnim važnostima performansi i njihovim vrednostima su opisane lingvističkim iskazima koji su modelirani trougaonim fazi brojevima (Tadić *et al*, 2017). Postavljena je fazi matrica parova upoređenja relativnih važnosti performansi. Obrada neizvesnosti je izvršena primenom metode proširene analize (Chang,

1996). Normalizovane vrednosti performansi su dobijene primenom procedure linearne normalizacije (Shih, Shyur & Lee, 2007). Elementi ponderisane normalizovane fazi matrice odlučivanja se računaju kao proizvod izračunatog pondera i procenjene vrednosti performansi. Fazi pozitivno idealno rešenje i fazi negativno idealno rešenje, i koeficijenti približavanja na osnovu kojih se određuje rang performansi se računaju kao kod konvencionalne *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* - TOPSIS (Yoon & Hwang, 1981).

Prema zahtevima standarda ISO 9001:2015 neophodno je vršiti stalna unapređenja poslovnih procesa. To se, između ostalog, postiže poboljšavanjem vrednosti performansi procesa. Na ovaj način, postavljeni ciljevi mogu biti u potpunosti realizovani. Poboljšanje performansi se postiže primenom odgovarajućih menadžment mera koje su definisane u standardu, procedurama sistema kvaliteta koji je uveden u preduzeće, ili mogu da ih definišu donosioci odluke na osnovu svojih znanja i iskustava. U radovima koji su analizirani u ovoj sekciji, prioritet mera korespondira prioritetu preduzeća koja su integrisana u LS.

Poređenjem predloženog modela sa modelima koji su razvijeni i prikazani u ovom radu mogu da se uoče relevantne razlike. Na osnovu dobijenih rezultata, može se uočiti prednost modela koji je razvijen u ovom radu.

Određivanje performansi je zadatak koji ima veliku važnost, jer utiče na ceo proces odlučivanja. U radu su performanse LS određene na osnovu P. Bolstorff -og i R. Rosenbaum-ovog pristupa (2003). Može se smatrati da je lista performansi bolje definisana, nego kada se koriste neke druge metode (Coccoa & Alberti, 2010; Anitha, 2014; Nestić *et al*, 2015).

Relativne važnosti KPI i njihove vrednosti su procenjene od strane donosioca odluka koji koriste unapred definisane lingvističke iskaze (Feili *et al*, 2011; Nestić *et al*, 2015). Korišćenje lingvističkih varijabli dopušta donosiocima odluka da bolje iskažu svoje procene, nego korišćenje skala mera (Kaplan & Norton, 2008; Coccoa & Alberti, 2010). Neizvesnosti u relativnim važnostima performansi ili KPI, kao i njihovim vrednostima su

opisane intervalnim tipa-2 fazi brojevima (Chen & Lee, 2010; Kahraman *et al*, 2014; Zhang & Zhang, 2017). Smatra se da intervalni tipa-2 fazi brojevi mogu bolje da opišu neizvestan i neprecizan podatak (Chen & Lee, 2010), i kada nije moguće da se na egzaktan način odredi oblik funkcije raspodele mogućnosti tipa-1 fazi broja (Castillo & Melin, 2012). Polazeći od ovih tvrdnji, modeliranje neizvesnosti u ovom radu je izvršeno na primereniji način (Feili *et al*, 2011; Nestić *et al*, 2015). Bliže je ljudskom načinu razmišljanja da se relativne važnosti performansi postavljaju pomoću fazi matrice parova upoređenja, nego da se koristi direktan način procene (Nestić *et al*, 2015). U ovom radu, postavljena je fazi matrica parova upoređenja relativnih važnosti performansi (Feili *et al*, 2011). Takođe, u predloženoj metodi izvršena je provera konzistentnosti procena donosioca odluka tako što je u prvom koraku izvršena defazifikacija intervalnih tipa-2 fazi brojeva (Kahraman *et al*, 2014), a zatim, u drugom koraku je primenjena metoda sopstvenog vektora, kao što je definisano u konvencionalnoj AHP metodi (Saaty, 1990), za proveru konzistentnosti procena donosioca odluka. Razvijeni postupak predstavlja jednu od razlika između predložene metode za određivanje težina performansi i nekih drugih metoda (Feili *et al*, 2011). Menadžment mere koje treba da se preduzmu u cilju poboljšanja performansi preduzeća i LS su zasnovane na rangui preduzeća. U ovom radu, kao i u svim analiziranim radovima iz literature, smatra se da menadžment mere definišu donosioci odluke na osnovu svog znanja i iskustva. Primenom genetrskog algoritma je određena optimalna vrednost poboljšanja izabranih performansi, što omogućava donosiocima odluke da bolje izaberu menadžment mere (Nestić *et al*, 2015). Osnovni nedostatak predložene metode je nepostojanje procedure za određivanje optimalne vrednosti poboljšanja performansi.

PERFORMANSE LANCA SNABDEVANJA

U ovom radu, razmatra se problem rangiranja preduzeća koja su integrisana u LS sa respektovanjem njegovih performansi. Pretpostavljeno je da se LS sastoji od jedne

središnje organizacije, i većeg broja preduzeća koja se mogu posmatrati kao dobavljači središnje organizacije. Ovakava struktura karakteristična je za LS auto industrije. U preduzećima se proizvode svi proizvodi koji se koriste u procesu montaže, koja se ostvaruje u središnjoj organizaciji. Efektivnost poslovanja svakog preduzeća utiče na efektivnost procesa montaže, i na ostvarenje operativnih i stratejskih ciljeva LS auto industrije. Formalno, razmatrana preduzeća mogu da se predstavje skupom indeksa $E = \{1, \dots, e, \dots, E\}$. Ukupan broj razmatranih preduzeća je E , i indeks preduzeća je označen kao e , $e = 1, \dots, E$.

Stepen ostvarenja poslovnih ciljeva LS može da se odredi na osnovu vrednosti performansi preduzeća koja su integrisana u LS. Performanse LS su definisane u odgovarajućim standardima ili modelima (Bolstorff & Rosenbaum, 2003). U ovom radu, performance LS su definisane prema SCOR (Bolstorff & Rosenbaum, 2003). Nadalje, ukratko su opisane performanse LS, koje predstavljaju i performanse preduzeća koja su integrisana u razmatrani LS.

Kompleksnost

Koncept kompleksnosti je izučavan u okviru teorije grafova (Bezuidenhout, Bodhanya, Sanjika, Sibomana & Boote, 2012), teorije menadžmenta LS (Pathak, Day, Nair, Sawaya & Kristal, 2007) i dr. Otuda ne postoji jedinstvena definicija termina kompleksnost LS. C. Y. Cheng, T. L. Chen i Y. Y. Chen (2014) sugerišu da na kompleksnost LS utiče veliki broj faktora kao što su: veličina, stepen, i jačina veza između entiteta. Poznato je da veoma male promene kompleksnosti dovode do smanjenja stepena ostvarenja postavljenih ciljeva. Vrednost kompleksnosti na nivou svakog entiteta LS može da se odredi na osnovu procenjenih vrednosti KPI kompleksnosti LS.

U ovom radu, KPI su: (1) kompleksnost okruženja, (2) kompleksnost proizvodnog procesa, (3) operativna kompleksnost, i (4) kompleksnost koja nastaje usled integracije entiteta (Xu, Li, Govindan & Xu, 2015). Vrednost kompleksnosti okruženja može da se proceni respektujući podatke o promenljivosti tražnje.

Uzimajući u obzir informacije o složenosti prijema i skladištenja repromaterijala i poluproizvoda, složenosti tehnoloških postupaka, i o načinima kontrole kvaliteta procesa, poluproizvoda i proizvoda, može da se proceni vrednost kompleksnosti proizvodnog procesa. Vrednost operativne kompleksnosti može da se odredi respektujući podatke o kompleksnosti: procesa planiranja i kontrole proizvodnje, unutrašnjeg transporta, metoda kontrole kvaliteta, potrebnih znanja i veština i dr. Na kompleksnost koja nastaje usled integracije entiteta LS utiču: broj entiteta, broj hijerarhijskih nivoa svakog entiteta, i veze koje postoje između entiteta unutar LS.

Neizvesna tražnja

U novije vreme, u gotovo svim LS može da se uoči da raste odstupanje između planirane količine i realne potražnje. Ova odstupanja nastaju usled mnogih promena koje su nastale: (a) u LS, i koje su - prema T. Maiti i B-C. Giri (2017) - nedostatak relevantnih informacija o promeni troškova proizvodnje i tražnje tokom vremena, i (b) u okruženju, na primer, razvoj i brza primena novih tehnologija, promene zahteva kupaca, i dr. Neizvesna tražnja dovodi do mnogih teškoća u planiranju proizvodnje preduzeća povezanih u LS (Felfel, Ayadi & Masmoudi, 2016).

U literaturi su razmatrani brojni KPI, na osnovu kojih može da se odredi vrednost neizvesne tražnje. U ovom radu KPI neizvesne tražnje su: (1) neizvesnost kupaca, (2) tehnološke neizvesnosti, (3) ekonomska situacija, (4) tržišna konkurentnost i (5) pravna regulativa (Wong & Boon-itt, 2008). Donosioci odluke svoje procene o vrednosti prvog KPI zasnivaju na informacijama o vrstama i količinama proizvoda koje su zahtevane od kupaca, promenama u vremenima isporuka, i fleksibilnosti isporuka. MU gotovom svakom LS postoji nedostatak pouzdanih informacija na osnovu kojih donosioci odluka mogu proceniti vrednost neizvesnosti kupaca. Neizvesnost tražnje značajno može da se smanji ako je LS orijentisan prema kupcu, a ne prema proizvodu (Frohlich & Westbrook, 2002). Na tehnološku neizvesnost najviše utiče tehnološki nivo preduzeća. Što

je tehnološki nivo viši, tehnološka neizvesnost je manja, i obrnuto. Procena ekonomske situacije (Bolstorff & Rosenbaum, 2003) je povezana sa rastom tržišta, bruto domaćim proizvodom, stopom nezaposlenosti, stopom smrtnosti, i dr. Vrednost tržišne konkurentnosti može da se proceni uzimajući u razmatranje cenu proizvoda koju imaju konkurentski LS, vreme isporuke finalnih proizvoda, kao i stepen inovativnosti konkurentskih LS (Pal & Kumar, 2008). Poslovanje preduzeća u LS mora da bude u skladu sa važećim pravnim propisima.

Kvalitet

Predviđanje tražnje i određivanje kvaliteta proizvoda je zasnovano na zahtevima koji potiču iz okruženja koje se brzo i neprekidno menja. Da bi se odgovorilo svim zahtevima, neophodno je da sistem menadžmenta kvalitetom bude integrisan u svako preduzeće koje predstavlja deo LS. Na ovaj način moguće je postići poboljšanje procesa proizvodnje u svakom preduzeću, a samim tim i u LS.

Postoje različite klasifikacije KPI razmatrane performanse (Bolstorff & Rosenbaum, 2003; Sadikoglu & Zehir, 2010). U ovom radu, usvojeni su na sledeći način definisani KPI: (1) sposobnost, (2) kritični faktori uspeha, (3) strategijske komponente i (4) operativne komponente (Bolstorff & Rosenbaum, 2003). Mnogi istraživači sugerišu da procena sposobnosti zavisi ne samo od kvaliteta proizvoda, već i od pouzdanosti isporuke, poverenja koje postoji između središnje organizacije i preduzeća, i dr. Vrednost kritičnih faktora uspeha se procenjuje prema rezultatima integracije koji su usmereni na eksterne *stakeholder*-e (Kuei & Madu, 2001), i prema kvalitetu liderstva u LS (Kupers, 2000). Vrednosti KPI koji je označen kao strategijska komponenta su procenjene respektujući upravljanje organizacionom kulturom i upravljanje tehnologijama. Procena vrednosti operativne komponente je zasnovana na informacijama koliko se razlikuju tražnja središnje organizacije i obimi proizvodnje umreženih preduzeća, kakve su politike razvoja preduzeća, i dr.

Dodata vrednost

Dodata vrednost se definiše kao razlika između cene proizvoda i troškova proizvodnje. U novije vreme, menadžment mnogih LS smatra da je ovo jedna od najvažnijih performansi LS (Presutti, 2003). Na osnovu rezultata iz literature može se zaključiti da se dodata vrednost većine proizvoda tokom vremena menja, i da ove promene nastaju, prvenstveno, usled promene troškova proizvodnje.

KPI ove performanse su definisani prema: (1) srednja vrednost prihoda *stakeholder*-a, (2) porast profita, (3) upotrebna vrednost imovine, (4) komunikacija unutar LS i sa kupcima, i (5) društvena odgovornost LS-a.

MODELIRANJE NEIZVESNOSTI

U ovoj sekciji prikazan je način modeliranja neizvesnih i nepreciznih podataka u relativnoj važnosti performansi i njihovoj vrednosti na nivou razmatranih preduzeća. Intervalni fazi skup tipa-2 je predstavljen funkcijom raspodele mogućnosti. Gornja i donja funkcija intervalnog fazi skupa tipa-2 su funkcije raspodele mogućnosti fazi skupa (Dubois & Prade, 1980; Zimmermann, 2001). Parametri ove funkcije su oblik, granulacija, i domen. Funkcije raspodele mogućnosti se određuju na osnovu subjektivnih procena donosilaca odluka, i treba da reflektuju znanje donosilaca odluka o razmatranim neizvesnostima. U literaturi se najčešće koristi trapezoidni i trougaoni intervalni fazi broj tipa-2 za opisivanje mnogobrojnih i raznolikih neizvesnosti (Chen & Lee, 2010; Kahraman *et al.*, 2014; Zhang & Zhang, 2017). Granulacija je definisana kao broj fazi skupova koji su pridruženi svakoj razmatranoj neizvesnosti. Pojedini autori (Lootsma, 1997) smatraju da donosilac odluke može da koristi najviše sedam lingvističkih iskaza za opisivanje neizvesnosti. U ovom radu, relativna važnost performansi može da se opiše sa pet, a njihove vrednosti na nivou svakog preduzeća pomoću sedam lingvističkih iskaza koji su modelirani intervalnim trougaonim fazi brojevima tipa-2. Domeni ovih fazi brojeva su definisani na zatvorenom intervalu u skupu realnih brojeva.

Izbor odgovarajućih lingvističkih iskaza za procenu relativne važnosti performansi i vrednosti njihovih KPI

Respektujući tip i veličinu problema, uvedena je pretpostavka da se relativna važnost svakog para performansi LS može adekvatno opisati pomoću pet lingvističkih iskaza koji su modelirani intervalnim trougaonim fazi brojevima tipa-2 na sledeći način:

veoma mala važnost - $\tilde{W}_1 = ((1,1,3.5;1), (1,1,2,5;0.75))$,

mala važnost - $\tilde{W}_2 = ((1,2,4;1), (1.5,2,3.5;0.75))$,

srednja važnost - $\tilde{W}_3 = ((1,3,5;1), (2,3,4;0.75))$,

velika važnost - $\tilde{W}_4 = ((2,4,5;1), (1.5,4,4.5;0.75))$ i

najveća važnost - $\tilde{W}_5 = ((2.5,5,5;1), (3,5,4,5;0.75))$.

Domeni ovih intervalnih trougaonih fazi brojeva tipa-2 su definisani na skupu realnih brojeva u interval [1-5]. Vrednost 1, odnosno vrednost 5 označava da performansa p ima jednaku relativnu važnost, odnosno najveću važnost, u odnosu na performansu p' , p , $p' = 1, \dots, P$, respektivno.

Preklapanja definisanih intervalnih trougaonih fazi brojeva tipa-2 kojima se modelira relativna važnost performansi LS su velika zato što ne postoji dovoljno znanja o njihovom prioritetu.

Vrednosti KPI svake razmatrane performanse su opisane pomoću sedam lingvističkih iskaza koji su modelirani intervalnim trougaonim fazi brojevima tipa-2:

veoma mala (VM) - $((1,1,2.5;1), (1,1,2;0.6))$,

mala (M) - $((1.5,3,4.5;1), (2,3,4;0.6))$,

gotovo srednja (GS) - $((2.5,4,5.5;1), (3,3.5,5;0.6))$,

srednja (S) - $((3.5,5,6.5;1), (4,5,6;0.6))$,

gotovo visoka (GV) - $((4.5,6,7.5;1), (5,6,7;0.6))$,

visoka (V) - $((5.5,7,8.5;1), (6,7,8;0.6))$ i

veoma visoka (VV) - $((7.5,9,9;1), (8,9,9;0.6))$.

Domeni intervalnih trougaonih fazi brojeva tipa-2, kojima su modelirane vrednosti performansi na nivou svakog preduzeća su definisani respektujući standardnu skalu mera (Saaty, 1990). Vrednost 1, odnosno, vrednost 9 označava da performansa p , $p = 1, \dots, P$ ima najmanju, odnosno, najveću vrednost, respektivno.

Konstruisanje fazi matrice parova upoređenja performansi

U literaturi može da se nađe veliki broj radova u kojima su relativne važnosti atributa u smislu kojih se ocenjuju alternative zadate pomoću fazi matrice relativne važnosti atributa (Tadic, Aleksic, Mimovic, Puskaric & Misita, 2016). Smatra se da je ovaj način bliži ljudskom načinu razmišljanja nego direktna procena. U ovom radu postavljena je fazi matrica parova upoređenja relativne važnosti performansi prema kojima se ocenjuju preduzeća LS-a. Relativna važnost svakog para kriterijuma je procenjena od strane strategijskog menadžmenta koji odluku donose konsenzusom. Elementi ove matrice su definisani kao relativna važnost performanse p , $p = 1, \dots, P$ prema performansi p' , $p' = 1, \dots, P$, $p \neq p'$. Vrednosti ovih elemenata su opisane prethodno definisanim lingvističkim iskazima koji su modelirani intervalnim trougaonim fazi brojevima tipa-2 (Chen & Lee, 2010):

$$\tilde{W}_{pp'} = \left(\left(\tilde{X}_{pp'}^U; \mu_1 \left(X_{pp'}^U \right), \left(\tilde{X}_{pp'}^L; \mu_2 \left(X_{pp'}^L \right) \right) \right) \right).$$

Trougaoni fazi brojevi tipa-1 su označeni kao:

$$\tilde{X}^U = \left(a_{pp'}^U, b_{pp'}^U, c_{pp'}^U \right) \text{ i } \tilde{X}^L = \left(a_{pp'}^L, b_{pp'}^L, c_{pp'}^L \right).$$

Referentne tačke intervalnog tipa-2 trougaonog fazi broja su označene kao:

$$a_{pp'}^U, b_{pp'}^U, c_{pp'}^U, a_{pp'}^L, b_{pp'}^L, c_{pp'}^L.$$

Funkcija raspodele mogućnosti višeg, odnosno nižeg intervalnog trougaonog fazi broja tipa-2 je označena kao

$$\mu_1 \left(\tilde{X}_{pp'}^U \right), \text{ odnosno, } \mu_2 \left(\tilde{X}_{pp'}^L \right), \text{ respektivno.}$$

Ako je relativna važnost performance p' veća od relativne važnosti performance p , tada vrednost elementa fazi matrice parova upoređenja relativne važnosti performansi može da se opiše kao:

$$\tilde{W}_{pp'} = \left(\tilde{W}_{pp'} \right)^{-1} = \left(\left(\frac{1}{c_{pp'}^U}, \frac{1}{b_{pp'}^U}, \frac{1}{a_{pp'}^U}; \min \left(\mu_1 \left(\tilde{X}_{pp'}^U \right), 1 \right) \right), \left(\frac{1}{c_{pp'}^L}, \frac{1}{b_{pp'}^L}, \frac{1}{a_{pp'}^L}; \min \left(\mu_2 \left(\tilde{X}_{pp'}^L \right), 1 \right) \right) \right).$$

Na osnovu iskustva i rezultata dobre prakse, može da se tvrdi da donosioci odluke prave greške u proceni. Stoga, neophodno je prvo utvrditi konzistentnost procena strategijskih menadžera. U prvom koraku fazi matrica parova upoređenja relativne važnosti performansi se preslikavaju u matricu parova upoređenja relativnih važnosti performansi čije vrednosti su precizni brojevi. Reprezentativni skalari intervalnih trougaonih fazi brojeva tipa-2 su dobijeni primenom postupka defazifikacije (DTrIT) (Kahraman *et al*, 2014):

$$W_{pp'} = \frac{\left(\frac{c_{pp'}^U - a_{pp'}^U}{3} + \left(\frac{b_{pp'}^U - a_{pp'}^U}{3} + a_{pp'}^U \right) + \alpha \cdot \left[\frac{c_{pp'}^L - a_{pp'}^L}{3} + \left(\frac{b_{pp'}^L - a_{pp'}^L}{3} + a_{pp'}^L \right) \right]}{2}$$

gde α označava maksimalnu vrednost funkcije raspodele mogućnosti za niži intervalni trougaoni fazi broj tipa-2.

U drugom koraku se određuje konzistentnost matrice parova upoređenja relativnih važnosti performansi primenom metode sopstvenog vektora (Saaty, 1990). Smatra se da su procene donosilaca odluka konzistentne ako je koeficijent konzistentnosti (C.I.) manji od 0.1.

Predloženi Algoritam

Korak 1. Konstruišimo fazi matricu relativne važnosti performansi, $\left[\tilde{W}_{pp} \right]_{P \times P}$, i odredimo težinu performance p , $w_p, p = 1, \dots, P$:

$$\tilde{w}_p = \frac{\tilde{r}_p}{\sum_{p=1}^P \tilde{r}_p} \quad (1)$$

gde je:

$$\tilde{r}_p = \left(\left(\sqrt[p]{\prod_{p=1}^P a_{pp}^{a^p}} \cdot \sqrt[p]{\prod_{p=1}^P b_{pp}^{b^p}} \cdot \sqrt[p]{\prod_{p=1}^P c_{pp}^{c^p}} ; \mu_1(b_{pp}^p) \right) \cdot \left(\sqrt[p]{\prod_{p=1}^P a_{pp}^{a^p}} \cdot \sqrt[p]{\prod_{p=1}^P b_{pp}^{b^p}} \cdot \sqrt[p]{\prod_{p=1}^P c_{pp}^{c^p}} ; \mu_2(b_{pp}^p) \right) \right) \quad (2)$$

Težina performance je opisana intervalnim trougaonim fazi brojem tipa-2.

Korak 2. Procenimo vrednosti KPI svake performanse na nivou svakog preduzeća,

$$\tilde{V}_{jep}, j = 1, \dots, J_p; e = 1, \dots, E; p = 1, \dots, P \quad (3)$$

Korak 3. Odredimo agregiranu vrednost performanse p :

$$\tilde{z}_{ep} = \frac{\tilde{V}_{jep}}{J_p} e = 1, \dots, E; p = 1, \dots, P \quad (4)$$

Korak 4. Konstruišimo matricu odlučivanja, $\left[\tilde{d}_{ep} \right]_{Exp}$, tako da:

$$\tilde{d}_{ep} = \tilde{w}_p \cdot \tilde{z}_{ep} \quad (5)$$

Vrednosti matrice odlučivanja su opisane intervalnim trougaonim fazi brojevima tipa-2, na osnovu pravila množenja (Mendel & Liu, 2017).

Reprezentativni skalar intervalnog trougaonog fazi broja tipa-2, \tilde{d}_{ep} dobija se primenom postupka defazifikacije (Kahraman *et al*, 2014), $d_{ep}, e = 1, \dots, E, p = 1, \dots, P$.

Matrica odlučivanja može da se zapiše:

$$\left[d_{ep} \right]_{Exp} \quad (6)$$

Korak 5. Odredimo pozitivno idealno rešenje (PIS), $d_p^+, p = 1, \dots, P$ i negativno idealno rešenje (NIS), $d_p^-, p = 1, \dots, P$ respektujući tip performansi:

a) za benefitan tip:

$$d_p^+ = \max_{e=1, \dots, E} d_{ep}, \quad d_p^- = \min_{e=1, \dots, E} d_{ep} \quad (7)$$

b) za troškovan tip:

$$d_p^+ = \min_{e=1, \dots, E} d_{ep}, \quad d_p^- = \max_{e=1, \dots, E} d_{ep} \quad (8)$$

Korak 6. Izračunajmo Euklidove distance od PIS, i NIS, y_p^- za svaku vrednost elementa matrice odlučivanja:

$$y_p^+ = \sum_{p=1}^P (d_p^+ - d_{ep})^2 \quad \text{i} \quad y_p^- = \sum_{p=1}^P (d_p^- - d_{ep})^2 \quad (9)$$

Korak 7. Izračunajmo koeficijent približenja koji se pridružuje svakom preduzeću, prema proceduri koja je razvijena u konvencionalnoj TOPSIS metodi (Yoon & Hwang, 1981), k_e :

$$k_e = \frac{y_p^-}{y_p^- + y_p^+} \quad (10)$$

Korak 8. Sortirajmo vrednosti koeficijenta približenja u nerastući niz. Rang preduzeća je određen prema vrednostim k_e . Na prvom mestu u rangui se nalazi ono preduzeće kojem je pridružena najveća vrednost k_e .

Ilustrativni primer

Razmatrani LS auto industrije u Centralnoj Srbiji uključuje središnje preduzeće (u ovom preduzeću se realizuje proces montaže finalnog proizvoda) i devet velikih preduzeća (u kojima se proizvode komponente, koje se ugrađuju u finalni proizvod). Prihod koji se ostvaruje u LS automobilske industrije ima veliki uticaj na bruto domaći proizvod svake zemlje, a posebno u zemljama u razvoju. Performanse LS su definisane na osnovu preporuka P. Bolstorff-a i R. Rosenbaum-a (2003). Za procenu relativne važnosti performansi, i njihovih vrednosti definisani su odgovarajući upitnici, koji su poslali strategijskom menadžmentu LS-a i menadžment timovima (menadžer proizvodnje, menadžer kvaliteta, finansijski menadžer, i menadžer snabdevanja) koji su uključeni u LS, respektivno. Donosioci odluka su na postavljena pitanja svakom paru performansi, odnosno, svakoj performansi pridružili jedan od unapred definisanih lingvističkih iskaza. Donosioci odluka su odluke donosili konsenzusom.

Postavimo fazi matricu relativne važnosti performansi na nivou LS (Korak 1 razvijenog Algoritma):

$$\begin{bmatrix} ((1,1,1;1),(1,1,1;1)) & 1/\tilde{w}_1 & 1/\tilde{w}_3 & 1/\tilde{w}_4 \\ \tilde{w}_1 & ((1,1,1;1),(1,1,1;1)) & 1/\tilde{w}_2 & 1/\tilde{w}_3 \\ \tilde{w}_3 & \tilde{w}_2 & ((1,1,1;1),(1,1,1;1)) & 1/\tilde{w}_2 \\ \tilde{w}_4 & \tilde{w}_3 & \tilde{w}_2 & ((1,1,1;1),(1,1,1;1)) \end{bmatrix}_{4 \times 4}$$

Preslikajmo fazi matricu parova upoređenja relativne važnosti performansi u matricu parova upoređenja relativnih važnosti performansi primenom postupka defazifikacije, DTriT (Kahraman *et al*, 2014), i odredimo konzistentnost procene strategijskih menadžera:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0.681 & 0.422 & 0.301 \\ 1.468 & 1 & 0.473 & 0.422 \\ 2.369 & 2.114 & 1 & 0.473 \\ 3.322 & 2.369 & 2.114 & 1 \end{bmatrix}, C.I. = 0.258$$

Koristeći izraze (1) i (2) izračunavaju se ponderi razmatranih performansi. Postupak koji je prikazan (Korak 1 razvijenog Algoritma) je ilustrovan na primeru izračunavanja pondera performanse koja je označena kao kompleksnost ($p = 1$).

$$\begin{aligned} \tilde{r}_1 &= ((0.327, 0.536, 0.841; 1), (0.386, 0.536, 0.759; 0.75)) \\ \sum_{p=1}^4 \tilde{r}_p &= ((0.327, 0.536, 0.841; 1), (0.386, 0.536, 0.759; 0.75)) + \\ &+ ((0.473, 0.639, 1.268; 1), (0.518, 0.639, 0.955; 0.75)) + \\ &+ ((0.707, 1.316, 2.115; 1), (0.963, 1.316, 1.749; 0.75)) + \\ &+ ((1.189, 2.213, 3.162; 1), (1.456, 2.213, 2.817; 0.75)) = \\ &= ((2.696, 4.704, 7.386; 1), (3.323, 4.705, 6.2780; 0.75)) \\ \tilde{w}_1 &= \frac{((0.327, 0.536, 0.841; 1), (0.386, 0.536, 0.759; 0.75))}{((2.696, 4.704, 7.486; 1), (3.323, 4.705, 6.280; 0.75))} = \\ &= ((0.327 / 7.486, 0.536 / 4.704, 0.841 / 2.696; 1), \\ &((0.386 / 6.280, 0.536 / 4.705, 0.759 / 3.323; 0.75)) \\ \tilde{w}_1 &= ((0.044, 0.114, 0.312; 1), (0.061, 0.114, 0.228; 0.75)) \end{aligned}$$

Na isti način se dobijaju ponderi ostalih razmatranih performansi, i one su:

$$\begin{aligned} \tilde{w}_2 &= ((0.063, 0.136, 0.470; 1), (0.082, 0.136, 0.287; 0.75)) \\ \tilde{w}_3 &= ((0.094, 0.279, 0.784; 1), (0.153, 0.279, 0.526; 0.75)) \\ \tilde{w}_4 &= ((0.161, 0.471, 1.173; 1), (0.232, 0.471, 0.848; 0.75)) \end{aligned}$$

Procenjene vrednosti KPI (Korak 2 razvijenog Algoritma) su date u Tabeli 1.

Agregirane vrednosti performansi se izračunavaju prema izrazu 3 (Tabela 2).

Ponderisane vrednosti performansi na nivou svakog preduzeća se izračunavaju prema izrazu (5). Postupak množenja dva intervalna trougaona fazi broja tipa-2 je ilustrovan sledećim primerom:

$$\begin{aligned} \tilde{d}_{63} &= ((5.7, 7.2, 8.4; 1), (6.2, 7.2, 8; 0.6)) \cdot \\ &\cdot ((0.094, 0.279, 0.784; 1), (0.153, 0.279, 0.526; 0.75)) = \\ &= ((0.54, 2.01, 6.59; 1), (0.95, 2.01, 4.21; 0.6)) \end{aligned}$$

Tabela 1 Procenjene vrednosti KPI na nivou svakog preduzeća

	Preduzeća								
	e=1	e=2	e=3	e=4	e=5	e=6	e=7	e=8	e=9
Kompleksnost	GS	M	GS	M	M	GS	M	GS	GS
	GV	S	GV	S	S	GV	S	GV	GV
	S	S	GV	S	S	GV	S	GV	GV
	GV	S	V	GV	GV	V	GV	V	V
Neizvesna tražnja	M	M	M	M	VM	VM	VM	VM	VM
	M	M	M	M	VM	VM	VM	VM	VM
	GS	GS	M	M	M	M	M	VM	VM
	M	M	M	M	M	VM	VM	M	M
Kvalitet	VM	M	M	VM	VM	VM	M	VM	M
	V	V	VV	V	V	V	V	VV	VV
	VV	VV	VV	VV	V	V	VV	V	VV
	VV	VV	VV	V	VV	V	V	V	V
Dodata vrednost	V	VV	V	VV	VV	V	VV	V	V
	VV	VV	V	V	VV	VV	VV	VV	VV
	V	VV	V	V	V	V	V	VV	VV
	V	V	V	V	V	V	VV	VV	V
	V	V	GV	V	V	GV	V	V	V

Izvor: Autori

Fazi matrica odlučivanja (Korak 4 razvijenog Algoritma) prikazana u Tabeli 3.

Vrednosti PIS i NIS su izračunate prema matrici odlučivanja (Korak 5 razvijenog Algoritma) - Tabela 4.

Vrednosti koeficijenta približenja i rang razmatranih preduzeća su dobijeni prema razvijenom Algoritmu (Korak 6 do Korak 8) - Tabela 5.

DISKUSIJA REZULTATA

Respektujući rezultate koji su prikazani u Tabeli 5 može da se zaključi da su preduzeća (e = 8) i (e = 2) najefikasnija u razmatranom LS, jer se nalaze na prvom, odnosno, drugom mestu u rang, respektivno. Na poslednjem mestu u rang se nalazi preduzeće (e = 1). Kako je vrednost koeficijenta bliskosti preduzeća (e = 1) gotovo jednaka vrednostima koeficijenta bliskosti preduzeća (e = 4) i preduzeća (e = 6) može da se kaže da menadžment treba da preduzme istovremeno odgovarajuće mere za poboljšanja performansi preduzeća (e = 1, e = 4 i e = 6) koja se nalaze na

Tabela 2 Agregirane vrednosti performansi

	p = 1	p = 2	p = 3	p = 4
e = 1	((3.25,4.75,6.25;1), (3.75,4.62,5.75;0.6))	((1.6,2.8,4.3;1), (2,4,2.8,3.8;0.6))	((6.5,8,8.75;1), (7,8,8.5;0.6))	((5.9,7.4,8.6;1), (6.4,7.4,8;0.6))
e = 2	((3,4,5,6;1), (3.5,4.5,5.5;0.6))	((1.7,3.2,4.7;1), (2.2,4.3,2.4,2;0.6))	((7,8.5,8.87;1), (7.5,8.5,8.75;0.6))	((6.7,8.2,8.8;1), (7.2,8.2,8.6;0.6))
e = 3	((4.25,5.75,7.25;1), (4.75,5.75,6.75;0.6))	((1.5,3,4.5;1), (2,3,8,4;0.6))	((7.5,9,9;1), (8,9,9;0.6))	((5.3,6.8,8.3;1), (5.8,6.8,7.8;0.6))
e = 4	((4.25,5.75,7.25;1), (4.75,5.75,6.75;0.6))	((1.4,2.6,4.4;1), (1.8,2.6,3.6;0.6))	((6.5,8,8.75;1), (7,8,8.5;0.6))	((5.9,7.4,8.6;1), (6.4,7.4,8;0.6))
e = 5	((3.25,4.75,7.25;1), (3.75,4.75,5.75;0.6))	((1.2,1.8,3.3;1), (1.4,1.8,2.8;0.6))	((6,7.5,8.62;1), (6.5,7.5,8.25;0.6))	((6.3,7.8,8.7;1), (6.8,7.8,8.4;0.6))
e = 6	((4.25,5.75,7.25;1), (4.75,5.75,6.75;0.6))	((1.1,1.4,2.9;1), (1.2,1.4,2.4;0.6))	((6,7.5,8.62;1), (6.5,7.5,8.25;0.6))	((5.7,7.2,8.4;1), (6.2,7.2,8;0.6))
e = 7	((3.25,4.75,7.25;1), (3.75,4.75,5.75;0.6))	((1.2,1.8,3.3;1), (1.4,1.8,2.8;0.6))	((6,7.5,8.62;1), (6.5,7.5,8.25;0.6))	((7.1,8.6,8.9;1), (7.6,8.6,8.8;0.6))
e = 8	((4.25,5.75,7.25;1), (4.75,5.75,6.75;0.6))	((1.1,1.4,2.9;1), (1.2,1.4,2.4;0.6))	((6.5,8,8.75;1), (7,8,8.5;0.6))	((6.7,8.2,8.8;1), (7.2,8.2,8.6;0.6))
e = 9	((4.25,5.75,7.25;1), (4.75,5.75,6.75;0.6))	((1.2,1.8,3.3;1), (1.4,1.8,2.8;0.6))	((6.5,8,8.75;1), (7,8,8.5;0.6))	((6.3,7.8,8.7;1), (6.8,7.8,8.4;0.6))

Izvor: Autori

Tabela 3 Fazi matrica odlučivanja

	p = 1	p = 2	p = 3	p = 4
e = 1	((0.14,0.54,1.95;l), (0.22,0.53,1.31;0.6))	((0.1,0.38,2.02;1), (0.19,0.38,1.09;0.6))	((0.61,2.23,6.86;1), (1.07,2.23,4.47;0.6))	((0.95,3.49,10.09;1), (1.48,3.49,6.78;0.6))
e = 2	((0.13,0.51,1.87;1), (0.21,0.51,1.25;0.6))	((0.11,0.44,2.21;1), (0.18,0.44,1.21;0.6))	((0.66,2.37,6.95;1), (1.15,2.37,4.61;0.6))	((1.08,3.86,15.23;1), (1.67,3.38,7.29;0.6))
e = 3	((0.19,0.66,2.26;1), (0.29,0.66,1.54;0.6))	((0.09,0.41,2.11;1), (0.16,0.41,1.15;0.6))	((0.71,2.51,7.06;1), (1.22,2.51,4.73;0.6))	((0.85,3.21,9.74;1), (1.35,3.21,6.78;0.6))
e = 4	((0.19,0.66,2.26;1), (0.29,0.66,1.54;0.6))	((0.09,0.35,2.07;1), (0.15,0.35,1.03;0.6))	((0.61,2.23,6.86;1), (1.07,2.23,4.47;0.6))	((0.95,3.49,10.09;1), (1.48,3.49,6.78;0.6))
e = 5	((0.14,0.54,2.26;1), (0.23,0.54,1.31;0.6))	((0.08,0.24,1.55;1), (0.11,0.24,0.8;0.6))	((0.56,2.09,6.76;1), (0.99,2.09,4.34;0.6))	((1.01,3.67,10.21;1), (1.58,3.67,7.12;0.6))
e = 6	((0.19,0.66,2.26;1), (0.29,0.66,1.54;0.6))	((0.07,0.19,1.36;1), (0.09,0.19,0.69;0.6))	((0.56,2.09,6.76;1), (0.99,2.09,4.34;0.6))	((0.92,3.39,9.85;1), (1.44,3.39,6.78;0.6))
e = 7	((0.14,0.54,2.26;1), (0.23,0.54,1.31;0.6))	((0.08,0.24,1.55;1), (0.11,0.24,0.8;0.6))	((0.56,2.09,6.76;1), (0.99,2.09,4.34;0.6))	((1.14,4.05,10.44;1), (1.76,4.05,7.46;0.6))
e = 8	((0.19,0.66,2.26;1), (0.29,0.66,1.54;0.6))	((0.07,0.19,1.36;1), (0.09,0.19,0.69;0.6))	((0.61,2.23,6.86;1), (1.07,2.23,4.47;0.6))	((1.08,3.86,15.23;1), (1.67,3.38,7.29;0.6))
e = 9	((0.19,0.66,2.26;1), (0.29,0.66,1.54;0.6))	((0.08,0.24,1.55;1), (0.11,0.24,0.8;0.6))	((0.61,2.23,6.86;1), (1.07,2.23,4.47;0.6))	((1.01,3.67,10.21;1), (1.58,3.67,7.12;0.6))

Izvor: Autori

Tabela 4 Matrica odlučivanja, PIS i NIS

	p = 1	p = 2	p = 3	p = 4
e = 1	0.6443	0.5827	2.3937	3.5967
e = 2	0.6153	0.6430	2.4763	4.5957
e = 3	0.7673	0.6070	2.5593	3.4340
e = 4	0.7673	0.5713	2.3937	3.5967
e = 5	0.6443	0.4267	2.3103	3.7187
e = 6	0.7673	0.3670	2.3103	3.5210
e = 7	0.6443	0.4267	2.3103	3.9320
e = 8	0.7673	0.3670	2.3937	4.5957
e = 9	0.7673	0.4267	2.3937	3.7187
PIS	0.6153	0.3670	2.5593	4.5957
NIS	0.7673	0.6430	2.3103	3.4340

Izvor: Autori

Tabela 5 Vrednosti koeficijenta približenja i rang preduzeća

	y_p^+	y_p^-	k_e	Rang
e = 1	1.0356	0.2285	0.1103	9
e = 2	0.2882	1.1833	0.8041	2
e = 3	1.1959	0.2516	0.5000	3
e = 4	1.0442	0.1964	0.1583	8
e = 5	0.9141	0.3781	0.2714	6
e = 6	1.1136	0.2894	0.2063	7
e = 7	0.7119	0.5487	0.4353	4
e = 8	0.2248	1.1970	0.8419	1
e = 9	0.9073	0.3671	0.2880	5

Izvor: Autori

poslednjem, preposlednjem i sedmom mestu u rang. U sva tri preduzeća vrednosti performanse kvaliteta ($p = 3$) i dodata vrednost ($p = 4$) imaju najmanje ponderisane vrednosti. S toga se može zaključiti da je neophodno da menadžment tim preduzme prvo mere koje treba da dovedu do poboljšanja ovih performansi. Poboljšanje performanse kvaliteta ($p = 3$) može da se postigne kroz poboljšanje strategije snabdevanja, uvođenjem novih koncepata liderstva, itd. Poboljšanje strategije snabdevanja može da se realizuje kroz ostvarivanje partnerskog odnosa sa dobavljačima repro materijala, uvođenjem informacionih sistema pomoću kojih se poboljšava komunikacija između svih entiteta u LS-u, primenom sistema za upravljanje zalihama i proizvodnjom, itd. Povećanje dodatne vrednosti ($p = 4$) preduzeća ($e = 1$, $e = 4$ i $e = 6$) može da se postigne primenom *lean* principa, kao na primer *pull* sistema.

Ponderisana vrednost performanse kompleksnosti ($p = 1$) u preduzećima ($e = 4$) i ($e = 6$) ima veću vrednost od vrednosti iste performanse preduzeća koje se nalazi na prvom mestu u rang (e = 8). Stoga, menadžment tim treba da preduzme odgovarajuće mere u cilju smanjivanja vrednosti kompleksnosti u preduzećima ($e = 4$) i ($e = 6$). Smanjenje kompleksnosti može da se realizuje kroz unapređenje mape toka vrednosti. Određivanjem mape toka vrednosti moguće je uočiti sve nepotrebne potprocese i aktivnosti procesa proizvodnje. Njihovom eliminacijom smanjuje se kompleksnost preduzeća. Kompleksnost LS može da se smanji i kroz primenu metoda reinženjeringa procesa i proizvoda.

ZAKLJUČAK

Upravljanje i poboljšanje performansa LS predstavlja jedan od važnih menadžment zadataka. Rešenje ovog problema dovodi do povećanja konkurentnosti i održivosti LS u dužem vremenskom intervalu. Istovremenim poboljšanjem performansi svih entiteta LS-a, efektivnost LS sigurno će se povećati. Takođe, ako se primeni ovaj scenario, dolazi do velike potrsnje resursa (vremena, novca, itd.). Da bi se ostvarilo povećanje efektivnosti lanca snabdevanja,

uz najmanji mogući utrošak resursa, neophodno je da se odrede preduzeća LS čije performanse treba poboljšavati. Pokazano je da se primenom analitičkih metoda u ocenjivanju i rangiranju preduzeća dobijaju tačniji rezultati, nego kada se koriste intuitivne metode za donošenje odluka.

Glavni doprinos ovog rada je razvoj modela za ocenu i rangiranje preduzeća koja su integrisana u LS respektujući performanse LS i njihove pondere. Kako LS postoji u okruženju koje se brzo menja, relativna važnost performansi i njihove vrednosti su opisane intervalnim trougaonim fazi brojevima tipa-2. Može se smatrati da je ovaj pristup u modeliranju neizvesnih i nepreciznih podataka sasvim odgovarajući kada ne postoji dovoljno informacija o prirodi neizvesnosti. Pokazano je da rangiranje preduzeća može da bude postavljeno kao problem višeatributivnog odlučivanja. Na osnovu dobijenog ranga preduzeća, određuje se prioritet preduzeća u kojima je potrebno izvršiti poboljšanje performansi. Prioritet mera u razmatranim preduzećima se određuje upoređivanjem tekućih i ciljnih vrednosti performansi.

Predloženi model je testiran na realnim podacima koji su dobijeni iz LS automobilske industrije koji egzistira u Centralnoj Srbiji. Ovaj rad ima doprinose u istraživačkom i praktičnom domenu. Modeliranje neizvesnosti i modifikacija konvencionalne TOPSIS metode predstavljaju osnovne doprinose u istraživačkom domenu. Razvijeni model je fleksibilan u smislu promene broja performansi, njihovih važnosti i vrednosti, pa stoga može da se primeni i za rešavanje sličnih problema koji egzistiraju u različitim industrijskim granama. U praktičnom domenu, doprinos ovog rada može da se označi kao smanjivanje resursa koje je potrebno utrošiti za poboljšanje efektivnosti preduzeća integrisanih u LS.

Glavno ograničenje modela je nepostojanje jedinstvene klasifikacije performansi LS.

Buduće istraživanje treba da obuhvati razvoj i primenu egzaktnih metoda za utvrđivanje optimalnih vrednosti poboljšanja performansi. Razvijeni model može da se primeni i u LS iz različitih privrednih grana.

REFERENCE

- Anitha, J. (2014). Determinants of employee engagement and their impact on employee performance. *International journal of productivity and performance management*, 63(3), 308-323. doi.org/10.1108/IJPPM-01-2013-0008
- Baas, S. M., & Kwakernaak, H. (1977). Rating and ranking of multiple-aspect alternatives using fuzzy sets. *Automatica*, 13(1), 47-58. doi.org/10.1016/0005-1098(77)90008-5
- Beamon, B. M. (1999). Measuring supply chain performance. *International journal of operations & production management*, 19(3), 275-292. doi.org/10.1108/01443579910249714
- Behery, M., Jabeen, F., & Parakandi, M. (2014). Adopting a contemporary management system: A fast-growth small-to-medium enterprise (FGSME) in the UAE. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 63(1), 22-43. doi.org/10.1108/IJPPM-07-2012-0076
- Bezuidenhout, C. N., Bodhanya, S., Sanjika, T., Sibomana, M., & Boote, G. L. N. (2012). Network-analysis approaches to deal with causal complexity in a supply network. *International Journal of Production Research*, 50(7), 1840-1849. doi.org/10.1080/00207543.2011.575088
- Bolstorff, P., & Rosenbaum, R. (2003). *Supply chain excellence*. New York, NY: American Management Association.
- Castillo, O., & Melin, P. (2012). *Recent advances in interval Type-2 fuzzy systems*. (Vol. 1), New York, NY: Springer Science & Business Media.
- Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European journal of operational research*, 95(3), 649-655. doi.org/10.1016/0377-2217(95)00300-2
- Chen, S. M., & Lee, L. W. (2010). Fuzzy multiple attributes group decision-making based on the interval type-2 TOPSIS method. *Expert systems with applications*, 37(4), 2790-2798. doi.org/10.1016/j.eswa.2009.09.012
- Cheng, C. Y., Chen, T. L., & Chen, Y. Y. (2014). An analysis of the structural complexity of supply chain networks. *Applied Mathematical Modelling*, 38(9-10), 2328-2344. doi.org/10.1016/j.apm.2013.10.016
- Cocca, P., & Alberti, M. (2010). A framework to assess performance measurement systems in SMEs. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 59(2), 186-200. doi.org/10.1108/17410401011014258
- Dubois, D., & Prade, H. (1980). *Fuzzy sets and systems*. New York, NY: Academic Press.
- Feili, H. R., Farahani, N. V., & Vesaghi, N. (2011). Integration of fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) with balance score card (BSC) in order to evaluate the performance of information technology in industry. *The Journal of Mathematics and Computer Science*, 2(2), 271-283.
- Felfel, H., Ayadi, O., & Masmoudi, F. (2016). Multi-objective stochastic multi-site supply chain planning under demand uncertainty considering downside risk. *Computers & Industrial Engineering*, 102, 268-279. doi.org/10.1016/j.cie.2016.10.025
- Frohlich, M. T., & Westbrook, R. (2002). Demand chain management in manufacturing and services: Web-based integration, drivers and performance. *Journal of Operations Management*, 20(6), 729-745. doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00037-2
- Hakimollahi, M., Naini, S. J., Bagherpour, M., Jafari, S., & Shahmoradi, A. (2012). Balanced scorecard with fuzzy inference as a performance measurement in an automotive manufacturing line. *International Journal of Automotive Engineering*, 2(4), 276-283.
- Kahraman, C., Öztaysi, B., Sari, İ. U., & Turanoğlu, E. (2014). Fuzzy analytic hierarchy process with interval type-2 fuzzy sets. *Knowledge-Based Systems*, 59, 48-57. doi.org/10.1016/j.knsys.2014.02.001
- Kaplan, S. R., & Norton, P. D. (2008). *The execution premium: Linking strategy to operations for competitive advantages*. Boston, USA: Harvard Business School Publishing Corporation.
- Kuei, C. H., & Madu, C. N. (2001). Identifying critical success factors for supply chain quality management (SCQM). *Asia Pacific Management Review*, 6(4), 409-423.
- Kupers, R. (2000). What organizational leaders should know about the new science of complexity. *Complexity*, 6(1), 14-19. doi:10.1002/1099-0526(200009/10)6:1<14::aid-cplx1002>3.0.co;2-6

- Lootsma, F. (1997). *Fuzzy logic for planning and decision making*. New York, NY: Springer. doi:10.1007/978-1-4757-2618-3
- Maiti, T., & Giri, B. C. (2017). Two-period pricing and decision strategies in a two-echelon supply chain under price-dependent demand. *Applied Mathematical Modelling*, 42, 655-674. doi.org/10.1016/j.apm.2016.10.051
- Mendel, J. M., & Liu, F. (2007). Super-exponential convergence of the Karnik-Mendel algorithms for computing the centroid of an interval type-2 fuzzy set. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 15(2), 309-320. doi:10.1109/tfuzz.2006.882463
- Merigó, J. M., & Casanovas, M. (2008). Using fuzzy numbers in heavy aggregation operators. *International Journal of Information Technology*, 4(3), 177-182.
- Neely, A. D., Gregory, M., & Platts, K. (1995). Performance measurement system design: A literature review and research agenda. *International Journal of Operations & Production Management*, 15(4), 80-116. doi.org/10.1108/01443579510083622
- Nestic, S., Djordjevic, A., Puskaric, H., Zahar Djordjevic, M., Tadic, D., & Stefanovic, M. (2015). The evaluation and improvement of process quality by using the fuzzy sets theory and genetic algorithm approach. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 29(5), 2017-2028. doi:10.3233/ifs-151679
- Pal, P., & Kumar, B. (2008). "16T": Toward a dynamic vendor evaluation model in integrated SCM processes. *Supply Chain Management: An International Journal*, 13(6), 391-397. doi.org/10.1108/13598540810905642
- Pathak, S. D., Day, J. M., Nair, A., Sawaya, W. J., & Kristal, M. M. (2007). Complexity and adaptivity in supply networks: Building supply network theory using a complex adaptive systems perspective. *Decision sciences*, 38(4), 547-580. doi:10.1111/j.1540-5915.2007.00170.x
- Pawlak, Z. (1998). Rough set theory and its applications to data analysis. *Cybernetics & Systems*, 29(7), 661-688. doi.org/10.1080/019697298125470
- Presutti, W. D. (2003). Supply management and e-procurement: Creating value added in the supply chain. *Industrial marketing management*, 32(3), 219-226. doi.org/10.1016/S0019-8501(02)00265-1
- Ramesh, V., & Kodali, R. (2012). A decision framework for maximising lean manufacturing performance. *International Journal of Production Research*, 50(8), 2234-2251. doi.org/10.1080/00207543.2011.564665
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 48(1), 9-26. doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-1
- Sadikoglu, E., & Zehir, C. (2010). Investigating the effects of innovation and employee performance on the relationship between total quality management practices and firm performance: An empirical study of Turkish firms. *International journal of production economics*, 127(1), 13-26. doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.02.013
- Saranga, H., & Moser, R. (2010). Performance evaluation of purchasing and supply management using value chain DEA approach. *European Journal of Operational Research*, 207(1), 197-205. doi.org/10.1016/j.ejor.2010.04.023
- Shih, H. S., Shyur, H. J., & Lee, E. S. (2007). An extension of TOPSIS for group decision making. *Mathematical and Computer Modelling*, 45(7), 801-813. doi.org/10.1016/j.mcm.2006.03.023
- Tadic, D., Aleksic, A., Mimovic, P., Puskaric, H., & Misita, M. (2016). A model for evaluation of customer satisfaction with banking service quality in an uncertain environment. *Total Quality Management & Business Excellence*, 1-20. doi.org/10.1080/14783363.2016.1257905
- Tadić, D., Đorđević, A., Erić, M., Stefanović, M., & Nestić, S. (2017). Two-step model for performance evaluation and improvement of New Service Development process based on fuzzy logics and genetic algorithm. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 33(6), 3959-3970. doi:10.3233/jifs-17802
- Wong, C. Y., & Boon-itt, S. (2008). The influence of institutional norms and environmental uncertainty on supply chain integration in the Thai automotive industry. *International Journal of Production Economics*, 115(2), 400-410. doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.05.012
- Xu, L., Li, Y., Govindan, K., & Xu, X. (2015). Consumer returns policies with endogenous deadline and supply chain coordination. *European Journal of Operational Research*, 242(1), 88-99. doi.org/10.1016/j.ejor.2014.09.049

- Yoon, K., & Hwang, C. L. (1981). *Multiple attribute decision making: Methods and applications*. Berlin, BRD: Springer-Verlag Berlin An. doi:10.1007/978-3-642-48318-9
- Zadeh, L. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. *Information Sciences*, 8(4), 301-357. doi.org/10.1016/0020-0255(75)90046-8
- Zhai, L. Y., Khoo, L. P., & Zhong, Z. W. (2009). Design concept evaluation in product development using rough sets and grey relation analysis. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 7072-7079. doi.org/10.1016/j.eswa.2008.08.068
- Zhang, Z., & Zhang, S. (2017). Comments on "A note on "A novel approach to multi attribute group decision making based on trapezoidal interval type-2 fuzzy soft sets"". *Applied Mathematical Modelling*, 41, 702-710. doi.org/10.1016/j.apm.2016.09.011
- Zimmermann, H. (2001). *Fuzzy Sets Theory - And Its Applications*. Amsterdam, Netherlands: Springer-Verlag. doi:10.1007/978-94-010-0646-0

Primljeno 17. novembra 2017,
nakon revizije,
prihvaćeno za publikovanje 22. decembra 2017.
Elektronska verzija objavljena 29. decembra 2017.

Danijela Tadić je redovni profesor na Fakultetu inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu. Doktorirala je na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Njene oblasti istraživanja su operaciona istraživanja i upravljanje lancima snabdevanja.

Aleksandar Đorđević je saradnik na Fakultetu inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, gde je i doktorirao. Njegove oblasti istraživanja su operaciona istraživanja i informacioni menadžment.

MODEL FOR THE SUPPLY CHAIN MANAGEMENT BASED ON THE INTERVAL TYPE-2 FUZZY NUMBERS AND THE TOPSIS METHOD

Danijela Tadic and Aleksandar Djordjevic

Faculty of Engineering, University of Kragujevac, Kragujevac, The Republic of Serbia

The Performance improvement that leads to an increase in business efficiency, both for the enterprises integrated in the supply chain and the entire supply chain, represents one of the basic strategic management problems. A solution to this problem, among other things, can be obtained by measuring and improving the performance of the supply chain, which simultaneously represents the basic purpose of this research study. The relative importance of performances and the values of their key performance indices are assessed by decision-makers. Their assessments are described by linguistic variables, which are modelled by interval fuzzy numbers type-2. The relative importance of performance is obtained by defining the fuzzy matrix of the relative importance of each pair of performances. The weight values of performances are calculated by means of the eigenvector method. Performance values are calculated by using the fuzzy middle-value operator. The rank of the enterprises, with respect to all of the considered performances as well as their weights, is determined by applying conventional TOPSIS. The ranking of the enterprises integrated in the supply chain can be marked as the main result of the research. On the basis of the obtained rank, appropriate measures can be taken to improve the performance of those enterprises that are rated the worst by respecting all the observed performances. The proposed model has been tested on the real life data from the automotive supply chain operating in Central Serbia.

Keywords: supply chain performance, interval type-2 fuzzy numbers, fuzzy AHP, TOPSIS, management measures

JEL Classification: C69, L62