

SE-CoCoSo PRISTUP ZA REŠAVANJE PROBLEMA IZBORA TEHNIČKOG SISTEMA ZA AUTOMATSKU PRERADU POŠTANSKIH PAKETA

Vladimir Simić, Aleksandar Čupić, Branka Dimitrijević
Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet,
vsima@sf.bg.ac.rs, a.cupic@sf.bg.ac.rs, b.dimitrijevic@sf.bg.ac.rs

Rezime: *CoCoSo (Combined Compromise Solution) jedna je od najnovijih metoda višekriterijumskog odlučivanja koja se zasniva na sjedinjavanju kompromisnih algoritama za donošenje odluka i strategija agregacije i u radu je dat pregled njenih dosadašnjih primena u različitim oblastima istraživanja. Ova metoda nije do sada bila primenjena za rešavanje problema višekriterijumskog odlučivanja u poštanskom saobraćaju. U ovom radu je integrisana sa metodom Šenonove entropije (Shannon Entropy - SE) za određivanje težina kriterijuma u SE-CoCoSo metodologiju, koja je primenjena na rešavanje problema višekriterijumskog odlučivanja pri izboru tehničkog sistema za automatsku preradu poštanskih paketa. Priložen je numerički primer da bi se ilustrovali potencijali i primenljivost formulisanog pristupa. Analiza osetljivosti potvrdila je da razvijeni SE-CoCoSo pristup karakteriše visoka robusnost.*

Ključne reči: *Višekriterijumsko odlučivanje, Kombinovano kompromisno rešenje, Šenonova entropija, Poštanski saobraćaj, Analiza osetljivosti*

1. Uvod

CoCoSo (**C**ombined **C**ompromise **S**olution) jedna je od najnovijih MCDM metoda. Njeni tvorceni su Yazdani i ostali (2019b). Ova metoda generiše tri kompromisna rezultata rangiranja alternativa koji se zatim kombinuju primenom operatora hibridne integracije (Hashemkhani Zolfani i ostali 2020). CoCoSo metoda koristi tri strategije agregacije za generisanje mere ukupne korisnosti alternativa (Ecer i ostali 2019). Ovu metodu karakteriše inovativna struktura koja se zasniva na sjedinjavanju kompromisnih algoritama za donošenje odluka i strategija agregacije (Yazdani i ostali 2020). CoCoSo metoda je pouzdanija i stabilnija od raspoloživih MCDM metoda (Peng i Huang 2020, Peng i ostali 2020). Njenom primenom povećava se tačnost procesa odlučivanja u višekriterijumskom okruženju (Yazdani i ostali 2019a). Generisane rangove alternativa odlikuje visoko poklapanje sa rezultatima dostupnih MCDM metoda (Biswas i ostali 2020). Zbog svega navedenog, mnogi autori su uspešno primenili CoCoSo metodu za rešavanje višekriterijumskih problema u mnogim oblastima istraživanja. Ova metoda nije do sada bila primenjena za rešavanje MCDM problema u poštanskom saobraćaju.

Primena CoCoSo metode za rešavanje problema u višekriterijumskom okruženju zahteva poznavanje težina kriterijuma. Kada nisu unapred poznate težine kriterijuma neophodno je kombinovati CoCoSo metodu sa nekom od metoda za određivanje težina kriterijuma. Metoda Šenonove entropija (*Shannon Entropy* - SE) spada u grupu objektivnih metoda za određivanje težina kriterijuma, koje ne uzimaju u obzir mišljenje donosilaca odluka, već se težine kriterijuma određuju na osnovu informacija sadržanih u polaznoj matrici odlučivanja (Dimitrijević 2017). Što su vrednosti alternativa po nekom kriterijumu sličnije, onda je po SE metodi težina tog kriterijuma manja od onog po kome se one značajno razlikuju. Takođe, SE i CoCoSo metode nisu do sada bile kombinovane u procesima višekriterijumskog odlučivanja.

U ovom radu je prezentovan SE-CoCoSo pristup za rešavanje MCDM problema pri izboru tehničkog sistema za automatsku preradu poštanskih paketa. Izbor najboljeg sistema sortiranja paketa je od fundamentalnog značaja za svaku poštansku kompaniju, jer efikasno manipulisanje pošiljkama Pošti omogućava stvaranje veće razlike između profita i gubitaka, kao i zadržavanje leaderske pozicije u konkurentnom okruženju. U tom smislu, priložen je sveobuhvatan numerički primer kako bi se ilustrovali potencijali i primenljivost razvijenog pristupa i u oblasti poštanskog saobraćaja. Robusnost generisanih rezultata proverena je primenom analize osetljivosti.

Rad je organizovan na sledeći način. U narednom poglavlju prezentovan je detaljan pregled dostupnih primena CoCoSo metode. U trećem poglavlju dat je prikaz razvijenog SE-CoCoSo pristupa u algoritamskoj formi. U četvrtom poglavlju priložen je numerički primer i analizirani su i prodiskutovani dobijeni rezultati. Na kraju rada data su zaključna razmatranja i pravci daljih istraživanja.

2. Pregled literature

Tokom prethodnih godinu i po dana CoCoSo metoda je primenjena za rešavanje višekriterijumskih problema iz mnogih oblasti (tabela 1).

Yazdani i Chatterjee (2018) prezentovali su AHP (*Analytic Hierarchy Process*)-CoCoSo pristup za izbor najbolje tehnologije pakovanja za kompanije koje se bave proizvodnjom mleka. Barua i ostali (2019) primenili su AHP-CoCoSo pristup za određivanje najuticajnijeg parametra za proizvodnju hibridnih prirodnih vlakana. Biswas i ostali (2019) predstavili su CRITIC (*CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation*)-CoCoSo pristup za evaluaciju električnih vozila. Ecer i ostali (2019) primenili su CoCoSo metodu za procenu performansi održivog razvoja država članica Organizacije zemalja izvoznica nafte. Erceg i ostali (2019) integrisali su ABC (*Activity-Based Costing*) analizu, FUCOM (*FULL COnsistency Method*) metodu za određivanje težina kriterijuma i IR (*Interval Rough*) CoCoSo metodu kako bi rangirali dobavljače za tri klase zaliha. Hashemkhani Zolfani i ostali (2019) razvili su BWM (*Best-Worst Method*)-CoCoSo pristup za rešavanje problema izbora održivog dobavljača za čeličane. Karaşan i Bolturk (2019) predložili su IN (*Interval Neutrosophic*) CoCoSo metodu za rangiranje potencijalnih lokacija za deponiju namenjenu odlaganju čvrstog otpada. Wen i ostali (2019a) formulisali su probabilistički lingvistički SWARA (*Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis*)-CoCoSo pristup za poređenje dobavljača farmaceutske industrije. Wen i ostali (2019b) predložili su hezitant fazi lingvistički (*hesitant fuzzy linguistic* - HFL) CoCoSo method za procenu 3PL (*third-party logistics*) provajdera finansijskih institucija. Yazdani i ostali (2019a) razvili su sivi CoCoSo metod za evaluiranje dobavljača

građevinskih preduzeća. Oni su integrirali DEMATEL (*DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory*) i BWM da bi odredili subjektivne težine kriterijuma. Yazdani i ostali (2019b) predložili su CoCoSo metodu i primenili je za rešavanje problema izbora logističkog provajdera.

Biswas i ostali (2020) primenili su CRITIC-CoCoSo pristup za rangiranje putničkih vozila. Ecer i Pamucar (2020) integrirali su fazi BWM i CoCoSo metode kako bi poredili održive dobavljače industrije kućnih aparata. Hashemkhani Zolfani i ostali (2020) upotrebili su sivi CoCoSo metod za evaluaciju lokacija privremene bolnice za pacijente zaražene korona virusom COVID-19. Koristili su CRITIC metodu za određivanje objektivnih težina kriterijuma. Maghsoodi i ostali (2020) integrirali su IV (*Interval-Valued*) CoCoSo i MULTIMOORA (*Multi-Objective Analysis by Ratio Analysis plus the Full Multiplicative Form*) metode kako bi rešili problem izbora građevinskog materijala. Primenili su BWM metodu za izračunavanje subjektivnih težina kriterijuma. Peng i Huang (2020) razvili su qROF (*q-Rung Orthopair Fuzzy*) CRITIC-CoCoSo pristup za procenu finansijskog rizika preduzeća. Peng i ostali (2020) predstavili su PF (*Pythagorean Fuzzy*) CRITIC-CoCoSo pristup za procenu 5G (*5th Generation*) komunikacione opreme. Ulutaş i ostali (2020) predložili su fazi GIS (*Geografic Information System*)-SWARA-CoCoSo pristup za rangiranje lokacija koje su pogodne za izgradnju logističkog centra. Yazdani i ostali (2020) prezentovali su grubi FUCOM-CoCoSo pristup za evaluaciju pogodnosti geografskih regija za otvaranje logističkog centra. Zhang i ostali (2020) formulisali su probabilistički lingvistički BWM-CoCoSo pristup za izbor najpogodnijeg dobavljača građevinskog materijala. Wen i ostali (2020) primenili su HFL CoCoSo metod za rešavanje problema izbora osoblja. Logaritamska metoda najmanjih kvadrata (*Logarithmic Least Square Method* - LLSM) i mera entropije su upotrebljene za određivanje subjektivnih i objektivnih težina kriterijuma, respektivno.

Tabela 1. Pregled dostupnih primena CoCoSo metode

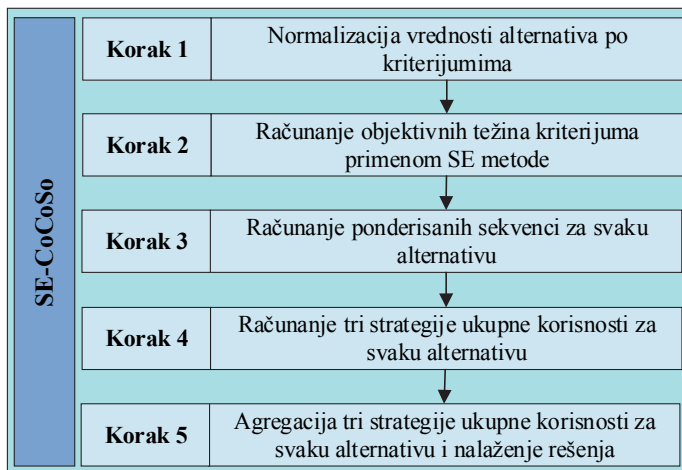
Autor(i) i godina	Razmatrani problem	Vrednovanje alternativa	Analiza osetljivosti (Da/Ne)	Metoda(e) za određivanje težina kriterijuma			Tip primene
				Subjektivna	Objektivna	Važnost kriterijuma	
Yazdani i Chatterjee (2018)	Izbor tehnologije pakovanja	Det.	Da	AHP	–	Det.	Ilustr. primer
Barua i ostali (2019)	Proizvodno okruženje	Det.	Ne	AHP	–	Det.	Studija slučaja
Biswas i ostali (2019)	Izbor električnog vozila	Det.	Da	–	CRITIC	Det.	Studija slučaja
Ecer i ostali (2019)	Procena performansi održivosti	Det.	Da	–	Jednake težine	Det.	Studija slučaja
Erceg i ostali (2019)	Izbor dobavljača	IR	Da	FUCOM	–	Det.	Studija slučaja

Tabela 1. nastavak

Autor(i) i godina	Razmatrani problem	Vrednovanje alternativa	Analiza osetljivosti (Da/Ne)	Metoda(e) za određivanje težina kriterijuma			Tip primene
				Subjektivna	Objektivna	Važnost kriterijuma	
Hashemkhani Zolfani i ostali (2019)	Izbor održivog dobavljača	Det.	Da	BWM	–	Det.	Studija slučaja
Karaşan i Bolturk (2019)	Lokacija deponije za čvrsti otpad	IN	Ne	DRM	–	IN	Iz literature
Wen i ostali (2019a)	Izbor dobavljača	PLI	Ne	SWARA	–	PLI	Iz literature
Wen i ostali (2019b)	Izbor 3PL provajdera	HFLT	Da	DRM	CE	HFLT	Studija slučaja
Yazdani i ostali (2019a)	Izbor dobavljača	Sivi	Ne	DEMATEL, BWM	–	Det.	Studija slučaja
Yazdani i ostali (2019b)	Izbor logističkog provajdera	Det.	Da	Nije specificirano	Det.	Studija slučaja	
Biswas i ostali (2020)	Izbor putničkog vozila	Det.	Da	–	CRITIC	Det.	Studija slučaja
Ecer i Pamucar (2020)	Izbor održivog dobavljača	Fazi	Da	BWM	–	Fazi	Studija slučaja
Hashemkhani Zolfani i ostali (2020)	Lokacija privremene bolnice	Sivi	Ne	–	CRITIC	Det.	Studija slučaja
Maghsoodi i ostali (2020)	Izbor materijala	IV	Da	BWM	–	Det.	Studija slučaja
Peng i Huang (2020)	Procena finansijskog rizika	qROF	Da	DRM	CRITIC	qROF	Ilustr. primer
Peng i ostali (2020)	Procena 5G industrije	PF	Da	DRM	CRITIC	PF	Ilustr. primer
Ulutaş i ostali (2020)	Lokacija logističkog centra	Fazi	Da	SWARA	–	Fazi	Studija slučaja
Yazdani i ostali (2020)	Lokacija logističkog centra	Grubi	Da	FUCOM	–	Grubi	Studija slučaja
Zhang i ostali (2020)	Izbor dobavljača	PLI	Ne	BWM	–	PLI	Studija slučaja
Wen i ostali (2020)	Izbor osoblja	HFLT	Ne	LLSM	CE	HFLT	Ilustr. primer
<i>Ovaj rad</i>	<i>Evaluacija standardnih poštanskih usluga</i>	<i>Det.</i>	<i>Da</i>	<i>–</i>	<i>Šenonova entropija</i>	<i>Det.</i>	<i>Ilustr. Primer</i>

3. SE-COCOSO pristup

Ovo poglavlje prezentuje razvijeni SE-CoCoSo pristup. Dijagram toka SE-CoCoSo pristupa prikazan je na slici 1.



Slika 1. Dijagram toka SE-CoCoSo pristupa

Sledi prikaz SE-CoCoSo pristupa u algoritamskoj formi:

Korak 1. Normalizacija vrednosti alternativa po kriterijumima:

$$r_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij} - \min_{l=1, \dots, m} x_{lj}}{\max_{l=1, \dots, m} x_{lj} - \min_{l=1, \dots, m} x_{lj}}, & \text{if } j \in B \\ \frac{\max_{l=1, \dots, m} x_{lj} - x_{ij}}{\max_{l=1, \dots, m} x_{lj} - \min_{l=1, \dots, m} x_{lj}}, & \text{if } j \in N \end{cases}, \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n, \quad (1)$$

gde x_{ij} označava vrednost alternative A_i ($i=1, \dots, m$) po kriterijumu K_j ($j=1, \dots, n$); B i N predstavljaju skupove benefiitnih i troškovnih kriterijuma, respektivno.

Korak 2. Računanje objektivnih težina kriterijuma primenom SE metode:

$$w_j = \frac{1 + \frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m (r_{ij} \ln r_{ij})}{\sum_{i=1}^n [1 + \frac{1}{\ln m} \sum_{l=1}^m (r_{li} \ln r_{li})]}, \quad j = 1, \dots, n, \quad (2)$$

gde r_{ij} predstavlja normalizovanu vrednost alternative i po kriterijumu j .

$w = (w_1, \dots, w_n)^T$ je vektor objektivnih težina kriterijuma, gde $w_j \in [0, 1]$ i $\sum_{j=1}^n w_j = 1$.

Korak 3. Računanje ponderisanih sekvenci S_i i P_i za svaku alternativu:

$$S_i = \sum_{j=1}^n (w_j r_{ij}), \quad i = 1, \dots, m, \quad (3)$$

$$P_i = \sum_{j=1}^m (r_{ij})^{w_j}, \quad i = 1, \dots, m, \quad (4)$$

Korak 4. Računanje tri strategije ukupne korisnosti za svaku alternativu:

- Prva strategija ukupne korisnosti $C_i^{(1)}$ izražava aritmetičku sredinu sume S_i i P_i vrednosti, odnosno:

$$C_i^{(1)} = \frac{S_i + P_i}{\sum_{l=1}^m (S_l + P_l)}, \quad i = 1, \dots, m. \quad (5)$$

- Druga strategija ukupne korisnosti $C_i^{(2)}$ izražava sumu relativnih odnosa S_i i P_i sa njihovim najlošijim vrednostima, odnosno:

$$C_i^{(2)} = \frac{S_i}{\min_{l=1, \dots, m} S_l} + \frac{P_i}{\min_{l=1, \dots, m} P_l}, \quad i = 1, \dots, m. \quad (6)$$

- Treća strategija ukupne korisnosti $C_i^{(3)}$ izražava balansirani kompromis S_i i P_i vrednosti, odnosno:

$$C_i^{(3)} = \frac{\lambda S_i + (1 - \lambda) P_i}{\lambda \max_{l=1, \dots, m} S_l + (1 - \lambda) \max_{l=1, \dots, m} P_l}, \quad i = 1, \dots, m, \quad (7)$$

gde $\lambda \in [0, 1]$ predstavlja parametar balansiranja čiju vrednost određuje donosilac odluke.

Korak 5. Agregacija tri strategije ukupne korisnosti za svaku alternativu i nalaženje rešenja:

$$C_i = \sum_{s=1}^3 \sqrt{0.5 \left(\frac{C_i^{(s)}}{\max_{l=1, \dots, m} C_l^{(s)}} + \left(\frac{m - r_i^{(s)}}{m} \right)^2 \right)}, \quad i = 1, \dots, m, \quad (8)$$

(8)

gde $r_i^{(s)}$ predstavlja rang alternative i po vrednosti strategije ukupne korisnosti $C_i^{(s)}$ ($s=1, 2, 3$). Rang alternativa (od najbolje do najlošije) odgovara redosledu vrednosti C_i poređanih u opadajući niz.

4. Rezultati i diskusija

Početna osnova pri definisanju kriterijuma treba da bude činjenica da se prilikom rešavanja svakog problema mogu usvojiti različiti broj i vrsta kriterijuma, zavisno od odgovarajućih odluka i informacija koje stoje na raspolaganju. Treba početi od opšteg pregleda kriterijuma:

1. Tehnički kriterijumi – vrsta poštanskih pošiljaka, intenzitet toka, način transporta (kontinualni, diskontinualni), rastojanja, sortirni uređaji, pretovarni uređaji, vreme prerade, itd.,
2. Ekonomski kriterijumi – investicioni troškovi, eksploatacioni troškovi, itd.,
3. Kriterijumi uslovljeni sistemom – kapacitet prerade, održavanje, stepen automatizacije, pogon, i sl.,
4. Opšti kriterijumi – razni propisi (ekološki – buka, zagađenje, vibracije itd.), garancije, servisi, fleksibilnost u radu.

U tabeli 2 dat je pregled korišćenih kriterijuma za rešavanje problema višekriterijumskog odlučivanja pri izboru tehničkog sistema za automatsku preradu poštanskih paketa.

Tabela 2. Skup relevantnih kriterijuma

Kriterijumi		max/min
Oznaka	Naziv	
K_1	Kapacitet	max
K_2	Procenat obrađenosti pošiljaka	max
K_3	Fleksibilnost sistema	max
K_4	Snaga pogonskih motora	min
K_5	Maksimalne dimenzije pošiljaka	max
K_6	Ukupna površina mašine	min
K_7	Cena	min
K_8	Eksploatacioni troškovi	min
K_9	Rok isporuke mašine i garancije	min
K_{10}	Ekološki faktori	max

Alternative po nekim od kriterijuma imaju precizne vrednosti (K_1 i K_2), koje nije potrebno posebno komentarisati, dok po nekim kriterijumima treba izvršiti kompleksnu analizu međusobnog odnosa alternativa jer predstavljaju skup više karakteristika sistema prerade paketa. Vrednosti alternativa po pojedinim kriterijumima su inicijalno ocenjivane lingvističkim izrazima ili fazi brojevima koji su potom pretvoreni u realne vrednosti.

Treba napomenuti da se pod snagom pogonskih motora (K_4) podrazumevalo razmatranje svih motora koji se instaliraju u sistemu prerade (pogonski motor glavnog transportera i pogonski motori tehničkih sistema zakretanja/skidanja paketa sa glavnog toka paketa). Činjenica da se snaga pogonskih motora neravnomerno povećava sa produženjem sortiranih linija dodatno je komplikovala analizu. Iz tog razloga autori su se opredelili da alternative po ovom kriterijumu primarno ocene pomoću lingvističkih izraza koji su kasnije pretvoreni u realne brojeve (isto važi i za K_3).

Što se tiče maksimalnih dimenzija pošiljaka, svi ponuđeni sistemi mogu da sortiraju pakete (dužina x širina x visina - LxWxH: 1200x600x500 mm), koji predstavljaju više od 90% svih paketa, tako da ključnu razliku čini maksimalna masa paketa koji se prerađuju – dato za kriterijum (K_5) u tabeli 3.

Ukupna površina mašine (K_6) zavisi, pre svega, od potrebnog broja destinacija po kojima se vrši razvrstavanje. Kako je taj parametar isti za sve alternative, ukupna površina mašine najviše će zavistiti od zbijenosti destinacija što je dato u (Čupić, 2007).

Cena sistema prerade – (K_7), kao jedan od najvažnijih parametara odlučivanja mora se uzeti sa izvesnom rezervom jer proizvođači opreme ne iznose takve podatke u širu javnost (ovakvi sistemi se nabavljaju isključivo preko tendera). Kroz kontakte sa proizvođačima, dobijeni su približni odnosi cena predstavljenih alternativa. Isto važi i za eksploatacione troškove – (K_8).

Rok isporuke i garancije – (K_9) predstavljaju vremenske promenljive koje se izražavaju u mesecima, ali koje nisu istog reda veličine, istog značaja i prirode da bi se izrazile jednostavnim sabiranjem. Obzirom da su garancije u ovom slučaju opciono date u vidu 24-ročasnog on-line nadgledanja sistema od strane Siemens-ovog kontrolnog centra opredeljujući faktor postaje rok isporuke.

Što se tiče ekoloških faktora – (K_{10}), sistemi prerade važe za prilično „čiste”. Glavno zagađenje se odnosi na buku i prašinu koji, sa različitim intenzitetom, prate sve ponuđene alternative. Količina prašine je približno ista za sve sisteme, tako da je opredeljujući faktor, sa aspekta ekološke podobnosti, nivo buke koji sistem proizvodi.

Zahtevi brze, efikasne i pouzdane usluge prenosa paketa dodatno pooštavaju kriterijume prihvatljivosti određenog tehničkog sistema jer je potrebno izvršiti sortiranje u strogo definisanom vremenskom okviru koji „ne trpi” improvizacije i kašnjenja nastala kao prebacivanje neprerađenih paketa u sledeći radni dan. Daleko je kompleksnije odrediti maksimalni kapacitet projektovanog sistema jer je radni vek sistema duži od 20 godina što predstavlja vremenski period koji ni jedna prognoza ne pokriva na zadovoljavajući način. Čupić (2007) je na osnovu statističkih i nestatističkih analiza zaključio da nije ekonomski opravdano uvoditi sisteme čiji je nominalni kapacitet veći od 12.000 pak/h.

Alternativa 1. Porodica sistema sortiranja sa gurajućim elementima (SGE). U ovu grupu spadaju tri sistema: Pusher Diverter PD 40, Gate Diverter GD80 i Swing Arm Diverter SA 120 čiji su parametri dati u tabeli 3.

Alternativa 2. DRS sistem – sistem sortiranja sa poprečnim kliznim papučicama, čije su osnovne karakteristike takođe date u tabeli 3.

Alternativa 3. DDS sistem – odnosno sistem sa zakretnim platformama (tabela 3). Treba napomenuti da pneumatski sistem sa mehovima (Pneumatic Tilt-Tray Sorter) spada u ovu porodicu sortera. Ovaj sistem je, po rečima proizvođača, dvostruko jeftiniji od sistema sličnih karakteristika ali nije posebno uzet u obzir zbog ograničenja u maksimalnoj masi paketa koji može da sortira (maksimalno 11,5 kg).

Alternativa 4. DCS sistem – sistem sa poprečnim kaiševima, čije su osnovne karakteristike takođe date u tabeli 3.

Polazeći od tabele 2 u kojoj je definisan skup kriterijuma i uzimajući u obzir detaljne tehničke opise ponuđenih alternativa date u (Čupić, 2007), dobijena je matrica odlučivanja (tabela 3).

Tabela 3. Karakteristični parametri tehičkih sistema sortiranja

Kriterijumi		Alternative			
Oznaka	Naziv	SGE	DRS	DDS	DCS
K_1	Kapacitet (pak/sat)	3000	9000	9600	11040
K_2	Procenat obrađenosti pošiljaka (%)	98	99	95	92
K_3	Fleksibilnost sistema	0,9	0,1	0,75	0,5
K_4	Snaga pogonskih motora	0,75	0,5	0,25	0,75
K_5	Maksimalne dimenzije pošiljaka (kg)	34	50	50	31,5
K_6	Ukupna površina mašine	0,5	0,75	0,25	0,1
K_7	Cena (10^6 €)	1	1,8	1,5	2
K_8	Eksploatacioni troškovi (10^3 €/god)	80	95	90	110
K_9	Rok isporuke mašine i garancije	2	4	3	6
K_{10}	Ekološki faktori (nivo buke u dB i sl.)	75	85	73	70

Vektor objektivnih težina kriterijuma izračunat primenom SE metode je $w=(0,1150; 0,1018; 0,0995; 0,1188; 0,1275; 0,0934; 0,0820; 0,0879; 0,0942; 0,0798)$. Prema tome, najznačajniji kriterijum za rešavanje problema višekriterijumskog odlučivanja pri izboru tehničkog sistema za automatsku preradu poštanskih paketa je

maksimalna dimenzija pošiljaka (K_5). Sa druge strane, najmanju težinu imaju ekološki faktori (K_{10}).

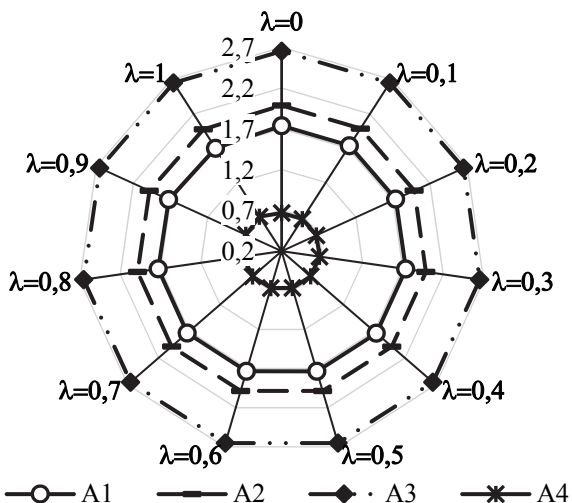
U ovom numeričkom primeru za parametar balansiranja λ uzeta je vrednost 0,5. U tabeli 4 prikazane su: (1) vrednosti ponderisanih sekvenci S_i i P_i za svaku alternativu; (2) vrednosti tri strategije ukupne korisnosti za svaku alternativu i rang koji alternative imaju u skladu sa vrednostima razmatranih strategija; i (3) agregirana korisnost svake alternative sa odgovarajućim rangom u skladu sa vrednošću te korisnosti.

Konačan rang četiri razmatrana sistema sortiranja je $A_3 \succ A_2 \succ A_1 \succ A_4$. Dakle, prema predloženom SE-CoCoSo pristupu, najbolje kombinovano kompromisno rešenje problema evaluacije tehničkih sistema za automatsku preradu poštanskih paketa predstavlja DDS sistem (A_3), tj. sistem sa zakretnim platformama.

Tabela 4. Ponderisane sekvence, strategije ukupne korisnosti i rangovi

Alt.	S_i	P_i	$C_i^{(1)}$	$r_i^{(1)}$	$C_i^{(2)}$	$r_i^{(2)}$	$C_i^{(3)}$	$r_i^{(3)}$	C_i	Rang
A_1	0,531	7,590	0,272	3	4,646	3	0,786	3	1,735	3
A_2	0,562	7,642	0,275	2	4,784	2	0,794	2	1,986	2
A_3	0,723	9,613	0,346	1	6,080	1	1,0	1	2,652	1
A_4	0,258	2,933	0,107	4	2,0	4	0,309	4	0,670	4

Robusnost generisanih rezultata proverena je analizom osetljivosti na promene vrednosti parametra balansiranja λ (slika 2). Vrednosti ovog parametra su varirane u intervalu $[0, 1]$ sa inkrementom 0,1. Sa slike 2 može se uočiti da su rangovi tehničkih sistema za automatsku preradu poštanskih paketa stabilni na čitavom intervalu vrednosti parametra balansiranja. Promena vrednosti parametra λ nije uticala na redosled alternativa. Prema tome, analiza osetljivosti potvrdila je da: (i) DDS sistem (A_3) predstavlja najbolji tehnički sistem za automatsku preradu poštanskih paketa; (ii) Razvijeni SE-CoCoSo pristup karakteriše visoka robusnost.



Slika 2. Analiza osetljivosti na promene vrednosti parametra balansiranja

5. Zaključak

U radu je prezentovan SE-CoCoSo pristup za rešavanje MCDM problema pri izboru tehničkog sistema za automatsku preradu poštanskih paketa. Rad ima teorijski doprinos, jer SE i CoCoSo metode nisu do sada bile integrisane u jedinstvenu metodološku celinu. Sa druge strane, ovaj rad ima i praktični doprinos, jer se donosiocima odluke nudi računski efikasan alat za rešavanje problema izbora tehničkog sistema za automatsku preradu poštanskih paketa. Pored toga, predloženi pristup je jednostavan za praktičnu primenu.

Buduća istraživanja mogu se podeliti u nekoliko pravaca: (i) Implementiranje neke od subjektivnih metoda za određivanje težina kriterijuma u SE-CoCoSo metodološki okvir, kao što su na primer metode AHP, BWM, FUCOM i SWARA; (ii) Prilagođavanje predloženog SE-CoCoSo pristupa grupnom odlučivanju, odnosno uzimanje u obzir procena većeg broja donosilaca odluke; (iii) Razvoj SE-CoCoSo Web aplikacije koja bi značajno unapredila praktičnu primenljivost predloženog pristupa .

Literatura

- [1] Barua, A., Jeet, S., Bagal, D.K., Satapathy, P., & Agrawal, P.K. (2019). Evaluation of mechanical behavior of hybrid natural fiber reinforced nano sic particles composite using hybrid Taguchi-CoCoSo method. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(10), 3341-3345.
- [2] Biswas, T., Chatterjee, P., & Choudhuri, B. (2020). Selection of commercially available alternative passenger vehicle in automotive environment. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 3(1), 16-27.
- [3] Biswas, T.K., Stević, Ž., Chatterjee, P., & Yazdani, M. (2019). An integrated methodology for evaluation of electric vehicles under sustainable automotive environment, in: Chatterjee, P., Yazdani, M., Chakraborty, S., Panchal, D., Bhattacharyya, S. (Eds.), *Advanced multi-criteria decision making for addressing complex sustainability issues*, pp. 41-62. IGI Global.
- [4] Dimitrijević, B. (2017). *Višeatributivno odlučivanje – primene u saobraćaju i transportu*. Beograd, Srbija: Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet.
- [5] Ecer, F., & Pamucar, D. (2020). Sustainable supplier selection: A novel integrated fuzzy best worst method (F-BWM) and fuzzy CoCoSo with Bonferroni (CoCoSo'B) multi-criteria model. *Journal of Cleaner Production*, 266, 121981.
- [6] Ecer, F., Pamucar, D., Zolfani, S.H., & Eshkalag, M.K. (2019). Sustainability assessment of OPEC countries: Application of a multiple attribute decision making tool. *Journal of Cleaner Production*, 241, 118324.
- [7] Erceg, Ž., Starčević, V., Pamučar, D., Mitrović, G., Stević, Ž., & Žikić, S. (2019). A new model for stock management in order to rationalize costs: ABC-FUCOM-interval rough CoCoSo model. *Symmetry* 2019, 11, 1527.
- [8] Hashemkhani Zolfani, S., Chatterjee, P., & Yazdani, M. (2019). A structured framework for sustainable supplier selection using a combined BWM-CoCoSo model. *Proceedings of the International Scientific Conference „Contemporary Issues in Business, Management and Economics Engineering”*, Vilnius, Lithuania, May 9-10, pp. 797-804.

- [9] Hashemkhani Zolfani, S., Yazdani, M., Ebadi Torkayesh, A., & Derakhti, A. (2020). Application of a gray-based decision support framework for location selection of a temporary hospital during COVID-19 pandemic. *Symmetry*, 12(6), 886.
- [10] Karaşan, A., & Bolturk, E. (2019). Solid waste disposal site selection by using neutrosophic Combined Compromise Solution method. *Proceedings of the 2019 Conference of the International Fuzzy Systems Association and the European Society for Fuzzy Logic and Technology - EUSFLAT*, Prague, Czech Republic, September 9-13, pp. 416-422.
- [11] Maghsoodi, A.I., Soudian, S., López, L.M., Herrera-Viedma, E., & Zavadskas, E.K. (2020). A phase change material selection using the interval-valued target-based BWM-CoCoMULTIMOORA approach: A case-study on interior building applications. *Applied Soft Computing*, 95, 106508.
- [12] Peng, X., & Huang, H. (2020). Fuzzy decision making method based on CoCoSo with critic for financial risk evaluation. *Technological and Economic Development of Economy*, 26(4), 695-724.
- [13] Peng, X., Zhang, X., & Luo, Z. (2020). Pythagorean fuzzy MCDM method based on CoCoSo and CRITIC with score function for 5G industry evaluation. *Artificial Intelligence Review*, 53, 3813-3847.
- [14] [Ulutaş, A., Karakuş, C.B., & Topal, A. (2020). Location selection for logistics center with fuzzy SWARA and CoCoSo methods. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 38(4), 4693-4709.
- [15] Wen, Z., Liao, H., Mardani, A., & Al-Barakati, A. (2020). A hesitant fuzzy linguistic Combined Compromise Solution method for multiple criteria decision making. *Proceedings of the Thirteenth International Conference on Management Science and Engineering Management - ICMSEM*, Ontario, Canada, August 5-8, pp. 813-821.
- [16] Wen, Z., Liao, H., Ren, R., Bai, C., Zavadskas, E.K., Antucheviciene, J., & Al-Barakati, A. (2019a). Cold chain logistics management of medicine with an integrated multi-criteria decision-making method. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(23), 4843.
- [17] Wen, Z., Liao, H., Zavadskas, E.K., & Al-Barakati, A. (2019b). Selection third-party logistics service providers in supply chain finance by a hesitant fuzzy linguistic combined compromise solution method. *Economic research-Ekonomska istraživanja*, 32(1), 4033-4058.
- [18] Yazdani M., & Chatterjee P. (2018). Intelligent decision making tools in manufacturing technology selection, in: Sidhu S., Bains P., Zitoune R., Yazdani M. (Eds.), *Futuristic Composites. Materials horizons: from nature to nanomaterials*, pp. 113-126. Springer, Singapore.
- [19] Yazdani, M., Chatterjee, P., Pamucar, D., & Chakraborty, S. (2020). Development of an integrated decision making model for location selection of logistics centers in the Spanish autonomous communities. *Expert Systems with Applications*, 148, 113208.
- [20] Yazdani, M., Wen, Z., Liao, H., Banaitis, A., & Turskis, Z. (2019a). A grey combined compromise solution (COCOSO-G) method for supplier selection in construction management. *Journal of Civil Engineering and Management*, 25(8), 858-874.
- [21] Yazdani, M., Zarate, P., Zavadskas, E.K., & Turskis, Z. (2019b). A Combined Compromise Solution (CoCoSo) method for multi-criteria decision-making problems. *Management Decision*, 57(9), 2501-2519.

- [22] Zhang, Z., Liao, H., Al-Barakati, A., Zavadskas, E.K., & Antuchevičienė, J. (2020). Supplier selection for housing development by an integrated method with interval rough boundaries. *International Journal of Strategic Property Management*, 24(4), 269-284.
- [23] Čupić A. (2007). Metodologija izbora tehničkog sistema za automatsku preradu paketa u glavnim poštanskim centrima. Magistarski rad, Saobraćajni fakultet, Beograd.

Abstract: *The CoCoSo (Combined Compromise Solution) approach is one of the newest multi-criteria decision-making methods which unites compromise decision-making algorithms and aggregation strategies and This method has not yet been used for solving multi-criteria decision-making problems in postal traffic. In this paper it is integrated with the Shannon entropy (SE) method for criteria weighting into SE-CoCoSo methodology, and applied for solving multi-criteria decision-making problem for selection of automatic parcel sorting system. A numerical example is provided to illustrate the potentials and applicability of the formulated approach. The sensitivity analysis confirmed the high robustness of the developed SE-CoCoSo approach.*

Keywords: *Multi-Criteria Decision-Making, Combined Compromise Solution, Shannon Entropy, Postal Traffic, Sensitivity Analysis*

**SE-CoCoSo APPROACH FOR SOLVING PROBLEM OF
AUTOMATIC PARCEL SORTING SYSTEMS SELECTION**

Vladimir Simić, Aleksandar Čupić, Branka Dimitrijević