

VIŠEKRITERIJUMSKO RANGIRANJE SISTEMA ZA AUTOMATSKU PRERADU POŠTANSKIH POŠILJAKA

Igor Milanov, Branka Dimitrijević, Aleksandar Čupić

Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet,

milanov2001@gmail.com, b.dimitrijevic@sf.bg.ac.rs, a.cupic@sf.bg.ac.rs

Rezime: *U radu je izvršeno rangiranje pet karakterističnih sistema za preradu poštanskih pošiljaka iz ugla hipotetičkog poštanskog operatora koji je zbog porasta broja pošiljaka prinuđen da mehanizuje proces razvrstavanja. Analiza je zasnovana na primeni metoda višekriterijumskog odlučivanja, SAW (Simple Additive Weighting) i PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation). U analizi su razmatrane alternative koje predstavljaju različite tipove sistema za preradu pošiljaka, dok su kriterijumi definisani u skladu sa tehničko-eksploatacionim, ekonomskim i ekološkim zahtevima. Važnost samih kriterijuma koji su agregirani u jedinstvene težine je određivalo više donosilaca odluke. Za potrebe rangiranja i upoređivanja dobijenih rezultata korišćeni su i softverski alati RightChoice i Visual PROMETHEE. Rezultati ove analize mogu biti preporuke za strateško odlučivanje prilikom izbora sistema za automatizovanu preradu poštanskih pošiljaka.*

Ključne reči: *sistemi za preradu pošiljaka, višekriterijumska analiza, RightChoice, Visual PROMETHEE*

1. Uvod

Elektronska trgovina, njen rast i sveprisutnost u kombinaciji sa tehnološkim i sociološkim promenama na globalnom nivou doveli su do značajnih promena u savremenom poslovnom okruženju a naročito u oblasti logistike i poštanskog saobraćaja. Prema podacima Pintey Bowes i Red Stag Fulfillment u prethodnih pet godina, elektronska trgovina ostvarila je rast od 25%, dok rast poštanskih pošiljaka za isti period iznosi 37,4% [1,2]. Sličano stanje je i u Republici Srbiji gde se prema podacima Regulatorne agencije za elektronske komunikacije i poštanske usluge (RATEL) ukazuje na značajan rast paketskih pošiljaka od 2020. godine [3].

Rast broja pošiljaka, pokazalo se, utiče i na porast broja poštanskih operatora i dovodi do toga da oni koji su na tržištu ekspers usluga relativno kratak vremenski period brzo dolaze do situacije da zauzimaju određeni deo tržišta, za koji više nisu u mogućnosti da vrše preradu pošiljaka manuelno, tako da bivaju motivisani da implementiraju sisteme za automatizovanu preradu pošiljaka. Isto važi i za „tradicionalne” operatore koji su decenijama na tržištu prenosa pošiljaka, ali u njihovom slučaju odlučivanje je vezano za proširenje preradnih kapaciteta, obzirom da po pravilu već imaju neke sisteme sortiranja

koji su im manje ili više dovoljni u zavisnosti kada su ih instalirali i kakve su u međuvremenu imali promene u obimu i vrsti pošiljaka koje dominantno prenose. Cilj ovog rada je sprovođenje analize izbora najboljeg sistema za preradu pošiljaka, upravo za prethodno opisanu situaciju – operatora koji zauzima 10%, tržišta i koji nije vršio značajnu mehanizaciju i automatizaciju operacija razvrstavanja, uzimajući u obzir određene kriterijume kao što su kapacitet, troškovi nabavke, preciznost i druge.

2. Potreba za automatizacijom usled promena na tržištu ekspres usluga

Elektronska trgovina je zadnjih nekoliko godina postala glavni uzrok rasta u maloprodaji s tim da je pandemija COVID-19 ubrzala proces prelaska sa tradicionalne kupovine na elektronsku. Prema podacima iz različitih istraživanja, prihod od prodaje e-trgovinom je sa 3,35 biliona dolara 2019. godine porastao na 4,25 biliona dolara 2020. godine. Nakon ovog naglog rasta usled pandemije, rast je nastavio ali sporijim tempom: 2021. godine - 4,99 biliona dolara, da bi 2024. godine po procenama prihod bio oko 6,33 biliona dolara. Prema istraživanjima tokom 2024. godine, najveći udeo prihoda od e-trgovine dolazi iz Azije sa 47,9%, potom iz Amerike, 34,9% i Evrope 15,4% [4]. Pored porasta u prihodima od e-trgovine, važan je i udeo e-trgovine u ukupnoj maloprodaji. Prema [2] e-trgovina je u periodu 2019-2024. godina povećala svoje učešće u ukupnoj trgovini sa 16% na 20,1% što apsolutno objašnjava trendove u poštanskoj logistici. Prema pojedinim prognozama procenjuje se da će 2028. godine broj isporučenih pošiljaka dostići 225 milijardi uz godišnju stopu rasta od 6% [5].

Prema podacima Republičkog zavoda za statistiku udeo građana koji su kupovali preko interneta je od 2020. do 2024. godine porastao sa oko 36% na 51,8% [6]. Ovi podaci ukazuju na to da većina internet korisnika u Srbiji povremeno ili redovno kupuje on-line.

2.1. Trenutno stanje ekspres usluga na teritoriji Srbije

Tržište ekspres usluga obuhvata širok spektar usluga koje se fokusiraju na brzi transport pošiljaka, uz garantovane rokove dostave. Kada je u pitanju stanje ekspres usluga u Republici Srbiji ovaj segment poštanskih usluga je u stalnom rastu - 76,35% u periodu 2017-2024 (Tabela 1) [3].

Tabela 1. Obim ekspres usluga u R. Srbiji u periodu 2017-2024. godina (u hiljadama)

Godina	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Broj pošiljaka	30000	34340	37692	42628	47329	46339	46998	52902

Klasifikacija poštanskih pošiljaka po masi je jedan od bitnijih elemenata u organizaciji rada preradnih centara. Sama masa pošiljke utiče na način i sredstva manipulisanja istom, kao i mnoge druge elemente od prijema do dostave pošiljke. U tabeli 2 dat je obim pošiljaka za 2024. godinu u zavisnosti od mase pošiljke [3]. Na osnovu tabele može se videti da pošiljke do 1kg uzimaju udeo od čak 59% od ukupnog godišnjeg obima, a da pošiljke do 10kg obuhvataju 93% svih pošiljaka. Na osnovu ove tabele možemo zaključiti da je broj pošiljaka do 10kg, a slobodno možemo reći i do 5kg (86% ukupnog obima), dominantan u ukupnoj strukturi, što ukazuje na to da je najveći deo ekspres usluga vezan za lakše pošiljke koje zahtevaju brzu i preciznu preradu.

Tabela 2. Obim pošiljaka po masi za 2024. godinu

	Pošiljke do 500g	Pošiljke 500g-1kg	Pošiljke 1kg-2kg	Pošiljke 2kg-5kg	Pošiljke 5kg-10kg	Pošiljke preko 10kg	Ukupan obim
Obim	21851	9265	7984	6490	3455	3857	52902
Učešće	41%	18%	15%	12%	7%	7%	100%

U svrhe ovog rada napravljena je drugačija raspodela obima pošiljaka po masi gde je celokupan obim podeljen u pet kategorija i to: pošiljke do 1,5kg, pošiljke do 5kg, pošiljke do 10kg, pošiljke do 25kg i pošiljke do 50kg, što je i prikazano u tabeli 3.

Tabela 3. Modifikovana raspodela pošiljaka po masi

	Pošiljke do 1,5kg	Pošiljke 1,5kg-5kg	Pošiljke 5kg- 10kg	Pošiljke 10kg- 25kg	Pošiljke 25kg- 50kg
Obim	35108	10482	3455	2892	965
Učešće u ukupnom obimu	66%	20%	7%	5%	2%
Kumulativan obim	35108	45590	49045	51938	52902
Kumulativno učešće	66%	86%	93%	98%	100%

3. Višekriterijumski zadatak izbora sistema za preradu poštanskih pošiljaka

U ovom radu se neće razmatrati izbor sredstava za automatizaciju prerade pošiljaka u kompanijama koje već imaju neki vid automatizovane prerade, već je posmatran hipotetički poštanski operator koji je do sada čitav proces prerade obavljao manuelno, bez ikakvih vidova automatizacije. Kako bi se na adekvatan i pouzdan način odredio najpogodniji sistem za automatizovanu preradu pošiljaka za ovog hipotetičkog operatora, jedan od načina je da se primeni višekriterijumska analiza. Pretpostavka je da poštanski operator za koga se bira sistem prerade ima udeo od na primer 10% u ukupnom obimu ekspres usluga na teritoriji Republike Srbije u prethodnih 5 godina.

Poštanski operator koji se posmatra, usled rasta elektronske trgovine, očekuje rast pošiljaka od 4% na godišnjem nivou. Ovaj podatak je dobijen ekspertskom prognozom/mišljenjem i važi za narednih 5 godina. Da bismo mogli da postavimo višekriterijumski problem izbora sistema za automatizovanu preradu potrebno je da znamo broj pošiljaka koje taj sistem u narednom periodu treba da prerađuje, što je na bazi datih količina u tabeli 1 i prognoziranog rasta određeno i prikazano u tabeli 4.

Tabela 4. Prognoza broja pošiljaka hipotetičkog poštanskog operatora u narednih 5 godina

Godina	2025	2026	2027	2028	2029
Broj pošiljaka	5501808	5721880	5950756	6188786	6436337

Klasifikacija prognoziranog broja pošiljaka po masi sprovedena je pod pretpostavkom da će zastupljenost tj. procenat pošiljaka po masi biti isti kao što je prikazano u tabeli 3, odakle proizilazi raspodela prikazana u tabeli 5.

Tabela 5. Prognozirani broj pošiljaka po masi za 2029. godinu

Masa	Pošiljke do 1,5kg	Pošiljke do 5kg	Pošiljke do 10kg	Pošiljke do 25kg	Pošiljke do 50kg
Broj pošiljaka	4247983	5535250	5985794	6307610	6436337
Kumulativni procenat	66%	86%	93%	98%	100%

Za postavku problema izbora sistema za automatizovanu preradu pošiljaka značajan parametar je njihov dnevni preradni kapacitet. On je određen deljenjem ukupnog prognoziranog broja pošiljaka po masi za 2029. godinu, za svaku klasu pošiljaka, sa 250 radnih dana, pretpostavljajući da se ne želi proširenje odabranog sistema ili uvođenje dodatnog u posmatраних pet godina. Za određivanje dnevnog preradnog kapaciteta sistema usvojeno je radno vreme od 8 časova [7]. Potrebni dnevni preradni kapaciteti, u zavisnosti od mase pošiljaka, predstavljeni su u tabeli 6.

Tabela 6. Potrebni dnevni preradni kapaciteti u zavisnosti od mase pošiljaka

Masa	Pošiljke do 1,5kg	Pošiljke do 5kg	Pošiljke do 10kg	Pošiljke do 25kg	Pošiljke do 50kg
Dnevni kapacitet	16992	22141	23943	25230	25745

3.1. Definisanje alternativa

U ovom radu alternative predstavljaju sistemi za preradu pošiljaka. U tom smislu, razmatrano je pet sistema koji su predstavnici različitih grupa po tipu i/ili preradnom kapacitetu. Skup alternativa čine:

1. Sistem LIBIAO Mini Bot (u daljem tekstu A1) – robot malih dimenzija (slika 1) koji je namenjen za preradu pošiljaka do 1,5 kilogram. Njegova kompaktnost omogućava rad i u sistemima gde je prostor ograničen. Jednostavno se mogu zameniti usled kvara, a sistem se može proširiti dodavanjem novih jedinica ukoliko je to potrebno. Više o ovom sistemu može se naći u [7,8,9]. Ovaj sistem treba da se sastoji od 46 autonomnih robota, koliko ih je potrebno da prerade oko 17000 pošiljaka po danu, u klasi pošiljaka do 1,5kg, koliko će te vrste pošiljaka imati hipotetički operator do 2029. godine. Ovaj broj robota određen je na osnovu činjenice da je JP „Pošta Srbije“ ove godine, za 56000 pošiljaka na dnevnom nivou, nabavila 153 LIBIAO Mini Bot-a [10]. U skladu sa tim, proporcionalno je određen broj ovih robota za hipotetičkog operatora.

2. Sistem LIBIAO Standard Bot (u daljem tekstu A2) – robot srednjih dimenzija (slika 2) namenjen je za pošiljke čija je masa do 5kg. Ovi roboti koriste algoritme za optimizaciju rute, što znači da oni određuju svoje kretanje u zavisnosti od zagušenja na platformi po kojoj se kreću. Praćenje svake pošiljke u realnom vremenu je omogućeno iz razloga što su roboti opremljeni RFID čitačima i senzorima opterećenja [9]. Da bi zadovoljio potrebe hipotetičkog poštanskog operatora ovaj sistem treba da se sastoji od 61 robota, jer tako može da preradi one pošiljke za koje je namenjen tj. oko 22200 pošiljaka mase do 5kg. Po istom principu kao i za LIBIAO Mini Bot-a određen je ovaj broj robota.

3. Fiksni robot DoraSorter (u daljem tekstu A3) – ovaj robot (slika 3) je rezultat zajedničkog projekta kompanija Dorabot i FedEx. Robot zajedno sa svojom opremom i izlazima za pošiljke zauzima oko 40 kvadratnih metara i namenjen je za preradu pošiljaka do 10kg. Više o ovom sistemu može se naći u [7, 8, 11]. Da bi ovaj sistem zadovoljio potrebe hipotetičkog poštanskog operatora koje su 24000 pošiljaka mase do 10kg, treba da se sastoji od 3 fiksna robota, jer je dnevni prerađni kapacitet jednog fiksnog robota ovog tipa 8000 pošiljaka po danu.



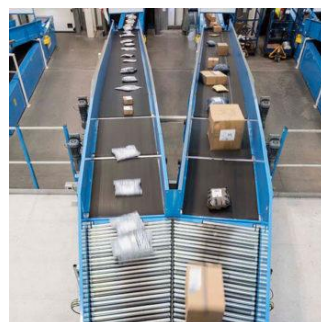
Slika 1. LIBIAO Mini Bot Slika 2. LIBIAO Standard Bot Slika 3. DoraSorter

4. BG Line Sorter (u daljem tekstu A4) – linijski kontinualni transporter (slika 4) koji koristi tehnologiju letvičasto kaišnih traka, umesto „klasičnih poprečnih” traka, za usmeravanje pošiljaka ka odredištima, kombinujući na taj način jednostavnost koju su imali tradicionalni trakasti transporteri sa manevarskim sposobnostima cross-belt sortera. Namenjen je za preradu pošiljaka do 25kg [12]. Prerađni kapacitet ovog sortera je 10000 pošiljaka na sat što je i više nego dovoljno za preradu oko 25000 pošiljaka na dan posmatranog hipotetičkog operatora.

5. BG CB Sorter (u daljem tekstu A5) – cross-belt sorter (slika 5) namenjen za širok spektar pošiljaka do 50kg, detaljan opis ove porodice sortera dat je u [13]. Ovaj sorter je podržan AI analitikom za predviđanje kvarova kao i za planiranje održavanja sistema. Prerađni kapacitet ovog sortera je do 18000 pošiljaka po satu (144000 po danu) u zavisnosti od broja izlaza i dužine [14]. Za potrebe hipotetičkog poštanskog operatora jedan sorter je dovoljan za 26000 pošiljaka po danu bez ograničenja u pogledu mase.



Slika 4. BG Line Sorter



Slika 5. BG CB Sorter

3.2. Definisanje kriterijuma

Kriterijumi su sredstva za vrednovanje alternativa i mogu biti kvalitativni ili kvantitativni, u zavisnosti od njihove prirode [15]. Kriterijumi za ovaj višekriterijumski problem su definisani na osnovu literature i znanja konsultovanih eksperata u oblasti automatizacije poštanskih procesa. Takođe, za svaki od kriterijuma je definisana skala pomoću koje će se vršiti vrednovanje alternativa. Skup kriterijuma čine:

1. Procenat pošiljaka koje sistem za automatizovanu preradu pošiljaka može da preradi u odnosu na ukupan obim pošiljaka (u daljem tekstu K1). Za vrednovanje alternativa po ovom kriterijumu korišćena je kardinalna skala i vrednosti su izražene u procentima. K1 se maksimizira.

2. Troškovi implementacije sistema za automatizovanu preradu pošiljaka, koji podrazumevaju cenu nabavke sistema, prateću opremu, kao i ostale troškove implementacije (u daljem tekstu K2). Za vrednovanje alternativa po ovom kriterijumu korišćena je kardinalna skala, a vrednosti alternativa su određene stavljanjem u odnos procenjenih troškova. K2 se minimizira.

3. Kapacitet sistema za automatizovanu preradu pošiljaka koji predstavlja maksimalan broj pošiljaka koje sistem može da preradi, u ovom slučaju na dnevnom nivou (u daljem tekstu K3). Za ovaj kriterijum korišćena je kardinalna skala, gde su sistemima dodeljeni dnevni preradni kapaciteti, odnosno mogući broj prerađenih pošiljaka po danu. K3 se maksimizira.

4. Troškovi eksploatacije koji obuhvataju sve troškove tokom korišćenja sistema za automatizovanu preradu pošiljaka, a to su troškovi rezervnih delova, troškovi električne energije, troškovi prerade pošiljaka neobuhvaćenih konkretnim sistemom prerade itd. (u daljem tekstu K4). Za ocenu alternativa po ovom kriterijumu korišćena je intervalna skala 1-5, gde je 1-veoma niski, 2-niski, 3-srednji, 4-visoki i 5-veoma visoki troškovi. K4 se minimizira.

5. Preciznost, odnosno tačnost, kojom automatizovani preradni sistem sortira pošiljke (u daljem tekstu K5). Za ocenu alternativa po ovom kriterijumu korišćena je intervalna skala 1-5, gde je 1-veoma niska, 2-niska, 3-srednja, 4-visoka i 5-veoma visoka preciznost. K5 se maksimizira.

6. Fleksibilnost, odnosno mogućnost sistema za automatizovanu preradu pošiljaka da se prilagodi obimu, specifičnostima i strukturi pošiljaka, kao i drugim preradnim sistemima koji će biti eventualno uvođeni u budućnosti (u daljem tekstu K6). Za ocenu alternativa po ovom kriterijumu korišćena je intervalna skala 1-5, po analogiji sa K5. K6 se maksimizira.

7. Negativan ekološki uticaj sistema za automatizovanu preradu pošiljaka na životnu sredinu (u daljem tekstu K7). Za ocenu alternativa po ovom kriterijumu korišćena je intervalna skala 1-5, po analogiji sa K5. K7 se maksimizira.

8. Pouzdanost sistema za automatizovanu preradu pošiljaka, odnosno otpornost sistema na kvarove, što se meri učestalošću kvarova, brzinom njihovog otklanjanja, otpornošću na preopterećenja i slično (u daljem tekstu K8). Za ocenu alternativa po ovom kriterijumu korišćena je intervalna skala 1-5, po analogiji sa K5. K8 se maksimizira.

U određivanju težinskih koeficijenata kriterijuma kao reprezenata njihovog značaja učestvovali su autori rada. Oni su pojedinačno ocenjivali težine kriterijuma, a potom su one agregirane ponderisanom aritmetičkom sredinom [15], pri čemu su ponderi dodeljeni autorima, u skladu sa iskustvom i znanjem, iznosili $\beta_1=0,2$, $\beta_2=0,4$ i $\beta_3=0,4$ [7].

3.3. Postavka višekriterijumskog problema

U skladu sa prethodno navedenim, u tabeli 7 je data postavka višekriterijumskog problema izbora sistema za automatizovanu preradu pošiljaka za posmatranog hipotetičkog poštanskog operatora.

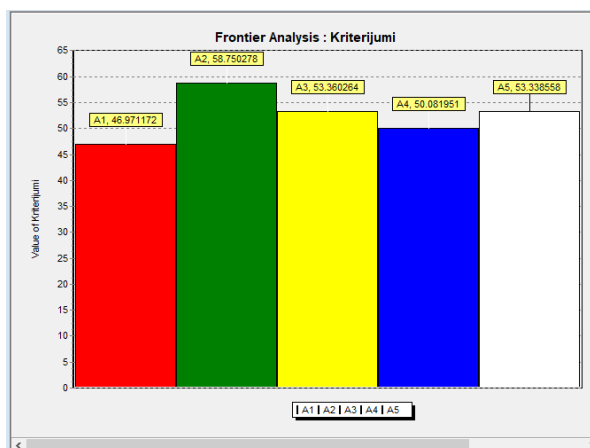
Tabela 7. Postavka višekriterijumskog problema

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
A1	66	1	17000	4	4	5	3	5
A2	86	1,17	22200	4	4	5	3	5
A3	93	1,67	24000	4	4	4	3	4
A4	98	4,17	80000	3	5	2	2	3
A5	100	7,5	144000	2	5	2	2	3
min/max	max	min	max	min	max	max	Max	max
w_j	0,200	0,240	0,148	0,132	0,046	0,116	0,034	0,084

4. Rešavanje višekriterijumskog problema

Za rešavanje višekriterijumskog problema izbora sistema za automatizovanu preradu pošiljaka, za posmatranog hipotetičkog poštanskog operatora, predstavljenog u tabeli 7, korišćene su SAW (Simple Additive Weighting) metoda i PROMETHEE I i II (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) metode, kao i korespondentni softveri RightChoice i Visual PROMETHEE [15].

Na slici 6 prikazano je rešenje problema primenom SAW metode, gde se vidi da je najbolje rangirana alternativa A2 sa ukupnom korisnošću od 0,59, a najlošije rangirana je alternativa A1 sa ukupnom korisnošću od 0,47.



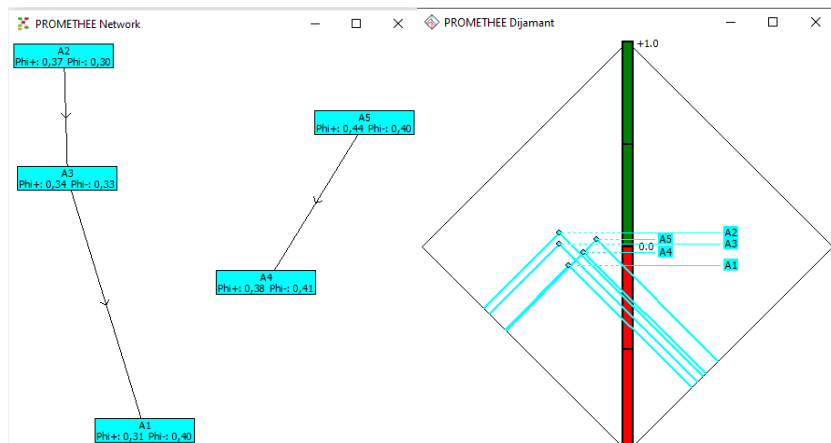
Slika 6. Rang alternativa dobijen SAW metodom iz Right Choice softvera

U tabeli 8 data je postavka problema sa izabranim funkcijama preferencija i pragovima preferencije, kao osnova za primenu PROMETHEE I i II metoda.

Tabela 8. Postavka problema sa izabranim funkcijama preferencije za PROMETHEE

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
A1	66	1	17000	4	4	5	3	5
A2	86	1,17	22200	4	4	5	3	5
A3	93	1,67	24000	4	4	4	3	4
A4	98	4,17	80000	3	5	2	2	3
A5	100	7,5	144000	2	5	2	2	3
max/min	max	min	max	min	max	max	max	max
w_j	0,200	0,240	0,148	0,132	0,046	0,116	0,034	0,084
F-je preferen.	Linearna	Linearna	Linearna	Linearna	Odskočna	Linearna	Odskočna	Linearna
p	10	-1	8000	-2	/	2	/	2

Parcijalni rang dobijen PROMETHEE I metodom i korišćenjem modula PROMETHEE Network u softveru Visual PROMETHEE prikazan je na slici 7 levo, dok je kompletan rang dobijen PROMETHEE II metodom i korišćenjem modula PROMETHEE Dijamant u softveru Visual PROMETHEE prikazan je na slici 7 desno.



Slika 7. Parcijalni rang (levo) i kompletan rang (desno) alternativa dobijen PROMETHEE I i II metodama iz Visual PROMETHEE softvera

Poređem rezultata dobijenih SAW i PROMETHEE II metodom zaključuje se da je u oba slučaja najbolje rangirana alternativa A2 (LIBIAO Standard Bot), dok je alternativa A1 (LIBIAO Mini Bot) najlošije rangirana.

Na osnovu ove analize osetljivosti rešenja na promenu težina kriterijuma koja je vršena za oba pristupa rešavanju problema zaključuje se da je ono prilično stabilno za slučaj primene SAW metode. U slučaju primene PROMETHEE metoda stabilnost rešenja je manja, što se moglo i očekivati imajući u vidu da je PROMETHEE I metoda dala parcijalni rang i veliki broj neuporedivosti među alternativama (neuporedive su alternative A1 i A4, A1 i A5, A2 i A4, A2 i A5, A3 i A4, A3 i A5). S obzirom na to da su prilikom određivanja težina kriterijuma učestvovala tri donosioca odluke i da su se njihove subjektivne procene u velikoj meri podudarale može se smatrati da su težine

kriterijuma adekvarno određene, te da su i dobijena rešenja u tom smislu prihvatljiva. Takođe, imajući u vidu da izabrane funkcije preferencije u PROMETHEE metodama i korespondentni pragovi preferencije takođe mogu imati uticaj na dobijeni rang alternativa, izvršena je i analiza osetljivosti rešenja na promenu pragova preferencije za slučaj kriterijuma kod kojih su za poređenje alternativa izabrane linearne funkcije preferencije. Ova analiza je pokazala da je rešenje stabilno na promenu pragova preferencije kod ovih funkcija preferencije.

5. Zaključak

Rezultati dobijeni SAW i PROMETHEE II metodama pokazuju da je primenom obe metode dobijeno isto najbolje rešenje, odnosno da je najbolje rangiran sistem LIBIAO Standard Bot koji prerađuje 86% svih pošiljaka. Takođe je utvrđeno da je najlošije rangiran sistem LIBIAO Mini Bot koji prerađuje 66% pošiljaka što je na neki način i očekivano obzirom da je trošak manuelne prerade 34% ostalih pošiljaka izrazito visok. Ova analiza treba da pruži hipotetičkom poštanskom operatoru konkretne smernice u procesu izbora sistema za preradu poštanskih pošiljaka.

Ovaj rad ima za cilj da doprinese razumevanju procesa odabira sistema za automatizovanu preradu i može poslužiti kao osnova za dalja istraživanja i razvoj daleko preciznijih modela odlučivanja. Dalji razvoj može da uključi više donosilaca odluke kombinacijom eksperata iz eksploatacije i akademske zajednice. Takođe može se uraditi detaljnija prognoza rasta poštanskih pošiljaka gde bi se videlo da li treba vršiti izbor sistema koji bi bio pogodan za period duži od pet godina. Mogu se uključiti i još neki sistemi za automatizovanu preradu koji se donosiocima odluke čine kao pogodna potencijalna rešenja.

Literatura

- [1] Global Parcel Volume Exceeds 131 Bilion in 2020, up 27 Percent Year-Over-Year, Finds Pitney Bowes Parcel Shipping Index, link: <https://www.nasdaq.com/press-release/global-parcel-volume-exceeds-131-billion-in-2020-up-27-percent-year-over-year-finds> (pristupljeno: avgust 2025)
- [2] Red Stag Fulfillment, What share of global retail sales is ecommerce?, link: <https://redstagfulfillment.com/what-share-of-global-retail-sales-is-ecommerce/> (pristupljeno: avgust 2025)
- [3] Godišnji pregled tržišta, link: <https://www.ratel.rs/sr/godisnji-pregled-trzista> (pristupljeno: avgust 2024)
- [4] Mosby A., Global eCommerce Sales Growth From 2021-2027, 2025, link: <https://www.yaguara.co/global-ecommerce-sales-growth> (pristupljeno: avgust 2025)
- [5] Pitney Bowes Parcel Shipping Index Confirms Extended Effects of COVID-19 Lockdowns on Chinese Shipping Through 2022, link: <https://pitneybowes2023tf.q4web.com/news/news-details/2023/Pitney-Bowes-Parcel-Shipping-Index-Confirms-Extended-Effects-of-COVID-19-Lockdowns-on-Chinese-Shipping-Through-2022/> (pristupljeno: septembar 2025)
- [6] Republički zavod za statistiku, "Upotreba informaciono komunikacionih tehnologija – 2024.", link: <https://publikacije.stat.gov.rs/G2024/Pdf/G202416019.pdf> (pristupljeno: avgust 2025)

- [7] Milanov I., "Primena višekriterijumske analize u izboru sistema za automatizovanu preradu paketskih pošiljaka", *Master rad*, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, 2025.
- [8] Čupić A., Blagojević M., Marković D., Popović Đ., "Primena robota u poštanskim preradnim centrima", *Zbornik radova XLII Simpozijuma o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju – PosTel 2024*, 103-111, Beograd, 2024
- [9] LIBIAO robot product catalogue, link: https://files.even-logistics.com/production/users/uploads/libiao/solution/3d-sorting-solutions/Libiao-robotics-product-catalogue_20251.pdf, (pristupljeno: septembar 2025)
- [10] Logistics Market, Na 185. rođendan – Pošta Srbije pustila u rad najveći robotski sistem za sortiranje, link: <https://logisticsmarket.rs/na-185-rodendan-posta-srbije-pustila-u-rad-najveci-robotski-sistem-za-sortiranje>, (pristupljeno: septembar 2025)
- [11] FedEx Launhes AI- powered Sorting Robot to Drive Smart Logistics, link: https://newsroom.fedex.com/newsroom/asia-pacific/fedex-launches-ai-powered-sorting-robot-to-drive-smart-logistics?utm_source, (pristupljeno: septembar 2025)
- [12] BG Line Sorter for parcel and material handling, link: https://www.beumergroup.com/products-systems/logistics-systems/bg-line-sorter/?utm_source, (pristupljeno: septembar 2025)
- [13] Bukumirović M., Čupić A., Tehnologija mehanizovane prerade poštanskih pošiljaka, Beograd, Srbija, Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, 2012
- [14] BG Sorter CB – High – Capacity Cross-Belt Sortation, link: <https://www.beumergroup.com/products-systems/logistics-systems/bg-sorter-cb-cross-belt/>, (pristupljeno: septembar 2025)
- [15] Dimitrijević B., Višeatributivno odlučivanje - primene u saobraćaju i transportu, Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, 2023

Abstract: *The paper ranks five characteristic systems for the processing of postal parcels from the point of view of a hypothetical postal operator who, due to the increase in the number of shipments, is forced to mechanize the sorting process. The analysis is based on the application of multi-criteria decision-making methods, SAW (Simple Additive Weighting) and PROMETHEE I and II (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation). The analysis considered alternatives which represent different types of parcel processing systems, while the criteria were defined in accordance with technical-operational, economic, and environmental requirements. The importance of the criteria was determined by multiple decision-makers, whose inputs were aggregated into unified weights. For the purpose of ranking and comparing the obtained results, software tools RightChoice and Visual PROMETHEE were also used. The results of this analysis can serve as recommendations for strategic decision-making when choosing a system for automated parcel processing.*

Keywords: *parcel processing systems, multi-criteria analysis, RightChoice, Visual PROMETHEE*

MULTI-CRITERIA RANKING OF POSTAL PARCELS AUTOMATIC PROCESSING SYSTEMS

Igor Milanov, Branka Dimitrijević, Aleksandar Čupić