

IZBOR ODRŽIVOG MODELA DOSTAVE KORIŠĆENJEM AROMAN VIŠEKRITERIJUMSKE ANALIZE

Momčilo Dobrodolac¹, Sara Bošković², Stefan Jovčić², Dragan Lazarević¹

¹Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, m.dobrodolac@sf.bg.ac.rs, d.lazarevic@sf.bg.ac.rs

²University of Pardubice – Faculty of Transport Engineering, sara.boskovic@student.upce.cz, stefan.jovcic@upce.cz

Rezime: *Razvoj elektronske trgovine rezultovao je povećanjem broja pošiljaka u sistemima za njihov prenos. Dostavne kompanije nastoje da kroz optimizaciju svog poslovanja odgovore na novonastalu situaciju, zadovolje potrebe korisnika i ostvare profit. Imperativ predstavlja uspostavljanje sistema dostave koji je u skladu sa principima održivog razvoja. U ovom radu je definisan zadatak izbora održivog modela dostave pošiljaka i predložena AROMAN metoda za njegovo rešavanje. Primenljivost predložene metode prikazana je na primeru rešavanja definisanog zadatka na teritoriji grada Beograda.*

Ključne reči: *e-trgovina, tehnološki razvoj, održivi modeli dostave, višekriterijumska analiza*

1. Uvod

Razvoj e-trgovine i drugih poslovnih modela, čija osnovna delatnost zavisi od prenosa pošiljaka između lokacija pošiljaoca i primaoca, utiče na generisanje velikog broja pošiljaka u poštanskim i drugim sistemima dostave. Izazovi sa kojima se suočavaju dostavne kompanije u pogledu optimizacije poslovnih aktivnosti, dodatno su otežani regulativama, koje u fokusu imaju unapređenje održivosti sistema.

U poslednjoj deceniji, značajan tehnološki razvoj, doprineo je i razvoju poštanskih kompanija. Pored informacionih sistema i brojnih softvera koji omogućavaju efikasno obavljanje poslovnih aktivnosti, značajan napredak desio se i na polju tehnološke opremljenosti i mehanizacije koja se koristi u pojedinim fazama prenosa. Dodatno, razvoj automobilske industrije i kargo transporta, omogućio je i osveženje voznih parkova u kompanijama. U skladu sa regulativama Evropske unije, akcenat je stavljen na radikalno smanjenje emisija štetnih gasova. Na teritoriji Evropske unije (EU), transport je izvor za oko 30% ukupne emisije CO₂, od čega preko 70% dolazi kao produkt drumskog transporta. EU je definisala dugoročni cilj, koji podrazumeva da se do 2050. godine za 60% smanje

emisije u odnosu na nivo iz 1990. godine, koje potiču iz transporta.¹ Navedeno je ubrzalo proces implementacije u saobraćaj transportnih sredstava na hibridni i električni pogon, ali i na druga alternativna goriva. Tako da danas možemo govoriti o trendu elektrifikacije vovnih parkova poštanskih kompanija.

U samom procesu prenosa pošiljaka, po svojim karakteristikama, posebno se izdvaja poslednja faza – dostava pošiljaka. Jedan od osnovnih razloga jeste kompleksnost organizacije poslovnih aktivnosti, usled brojnih ograničenja i zahteva za brzim i efikasnim prenosom. Takođe, dostava predstavlja troškovno najskuplju fazu u procesu prenosa pošiljaka. Iz tog razloga, od velikog značaja jeste optimizacija poslovnih aktivnosti u ovoj fazi, što potvrđuje i veliki broj studija koji se bavi ovim zadacima [1-3].

U ovom radu, u okviru studije slučaja, rešavan je zadatak izbora pogodnog modela za dostavu pošiljaka na delu teritorije Beograda. Naime, primenom predložene AROMAN metode, u saradnji sa ekspertima, izvršeno je rangiranje alternativa, odnosno modela za dostavu.

2. Pregled literature

U ovom odeljku predstavljen je pregled literature u oblasti dostave pošiljaka. Autori ovog rada su istraživali baze naučnih radova publikovanih u poslednjih pet godina. S obzirom na veoma veliku popularnost na polju dostave, naučnici kao i poštanski operatori širom sveta ulažu velike napore kako bi krajnji korisnik, koji je ključni faktor, bio zadovoljan. Rezultat toga jeste publikovanje velikog broja radova iz ove oblasti poslednjih godina. Autori pristupaju različitim problemima, kao što su izbor koncepta distribucije kargo biciklima [4], održiva dostava [1], izbor električnog vozila za dostavu [5], održivi vidovi dostave u urbanoj logistici [6], inovativna rešenja, koncepti, izazovi i prakse u fazi dostave [7], posledice i prepreke u fazi dostave [8], izazovi i rešenja za dostavu bez vozača [9], faktori koji utiču na prihvatanje zelene dostave od strane e-kupaca [10], merenje zadovoljstva korisnika e-trgovine u fazi dostave [11], potencijal dostave dronovima [12]. Radi bolje preglednosti, rezultati istraživanja, predstavljeni su i u Tabeli 1.

Tabela 1. Pregled literature na polju dostave pošiljaka

Autor (godina publikacije)	Zadatak
Švadlenka i saradnici, 2020	Održiva dostava
Yilmaz i saradnici, 2022	Održivi vidovi dostave u urbanoj logistici
Balaska i saradnici, 2022	Izazovi i rešenja za dostavu bez vozača
Bošković i saradnici, 2023a	Izbor koncepta distribucije kargo biciklima
Bošković i saradnici, 2023b	Izbor električnog vozila za dostavu
Mohammad i saradnici, 2023	Inovativna rešenja, koncepti, izazovi i prakse u fazi dostave
Kader i saradnici, 2023	Faktori koji utiču na prihvatanje zelene dostave od strane e-kupaca
Vrhovac i saradnici, 2023	Merenje zadovoljstva korisnika e-trgovine u fazi dostave
Eskandaripour i Boldsai Khan, 2023	Potencijal dostave dronovima

¹ European Parliament: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20190313STO31218/co2-emissions-from-cars-facts-and-figures-infographics>

U ovom radu, autori su odlučili da primene novi višekriterijumski pristup rešavanja problema izbora održivog modela dostave koju su nedavno razvili Bošković i saradnici [5]. S obzirom na činjenicu da je metoda relativno nova, do sada ima primenu u rešavanju nekoliko tipova problema: Intuicionistički, rasplinuti model za procenu performansi EcoPorts [13], intervalna metoda donošenja odluka tipa 2 Fuzzi AROMAN za poboljšanje održivosti poštanske mreže u ruralnim područjima [14], model donošenja odluka za izbor profesionalnih vozača [15], evaluacija održivog upravljanja ljudskim resursima u proizvodnim firmama [16]. Rezultati su prikazani u Tabeli 2.

Tabela 2. Pregled primene AROMAN metode u literaturi

Autor (godina publikacije)	Zadatak potpuno ili delimično rešavan AROMAN metodom
Bošković i saradnici, 2023b	Izbor električnog vozila za dostavu
Yalçın i saradnici, 2023	Model za procenu performansi EcoPorts
Nikolić i saradnici, 2023	Poboljšanje održivosti poštanske mreže u ruralnim područjima
Čubranić-Dobrodolac i saradnici, 2023	Izbor profesionalnih vozača
Rani i saradnici, 2023	Procena održivog upravljanja ljudskim resursima u proizvodnim firmama
Ovaj rad 2023	Održivi model dostave – izbor moda dostave

3. AROMAN metoda

Metoda AROMAN je jedna od novijih metoda višekriterijumske analize koju su razvili Bošković i saradnici [5]. Ovaj metod kombinuje normalizovane podatke iz normalizacije u dva koraka i dobija prosečnu agregiranu matricu iz normalizovanih podataka. AROMAN metoda se može opisati u sledećim koracima:

Korak 1. Određivanje početne matrice odlučivanja sa ulaznim podacima.

Pre otpočinjanja postupka odlučivanja potrebno je definisati početnu matricu odlučivanja sa ulaznim podacima. U zavisnosti od problema, ulazni podaci se uglavnom prikupljaju unapred u pogledu alternativa i kriterijuma. Stoga, pretpostavimo da imamo matricu odlučivanja $X_{m \times n}$ sa ulaznim podacima $x_{11}, \dots, x_{2j}, \dots, x_{mn}$, (Jednačina 1):

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1j} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{21} & \cdots & x_{2j} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mj} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n; \quad (1)$$

Korak 2. Normalizacija ulaznih podataka.

Nakon što je definisana matrica odlučivanja sa ulaznim podacima, drugi korak je normalizacija ulaznih podataka. To znači da ulazni podaci treba da budu strukturirani u intervalima između 0 i 1. Postoje dva tipa normalizacije (Jednačina 2 i 3):

Korak 2.1 Linearna normalizacija

$$t_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}}, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n; \quad (2)$$

Korak 2.2 Vektorska normalizacija

$$t_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n; \quad (3)$$

Korak 2.3 Prosečna agregirana normalizacija

Agregirana prosečna normalizacija se vrši primenom Jednačine 4:

$$t_{ij}^{norm} = \frac{\beta t_{ij} + (1-\beta)t_{ij}^*}{2}, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (4)$$

gde t_{ij}^{norm} označava agregiranu prosečnu normalizaciju. β je težinski faktor koji varira u intervalu od 0 do 1. U našem slučaju, uzeli smo u obzir da je $\beta = 0,5$.

Korak 3. Određivanje otežane prosečne normalizovane matrice donošenja odluka.

Otežana prosečna normalizovana matrica se računa na osnovu Jednačine 5.

$$\widehat{t}_{ij} = W_{ij} \cdot t_{ij}^{norm}, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n; \quad (5)$$

Korak 4. Sumiranje otežanih normalizovanih vrednosti prema tipu kriterijuma

Ovo se može izračunati primenom Jednačina 6 i 7:

$$L_i = \sum_{j=1}^n \widehat{t}_{ij}^{(min)}; \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n; \quad (6)$$

$$A_i = \sum_{j=1}^n \widehat{t}_{ij}^{(max)}; \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (7)$$

Korak 5. Stepenovanje dobijenog zbira vrednosti L_i i A_i na parametar λ

Ovaj korak se izračunava primenom Jednačina 8 i 9.

$$L_i^\wedge = L_i^\lambda = \left(\sum_{j=1}^n \widehat{t}_{ij}^{(min)} \right)^\lambda; \quad (8)$$

$$A_i^\wedge = A_i^{1-\lambda} = \left(\sum_{j=1}^n \widehat{t}_{ij}^{(max)} \right)^{1-\lambda}. \quad (9)$$

λ predstavlja stepen koeficijenta tipa kriterijuma. Pošto smo uključili oba tipa kriterijuma, smatrali smo da je parametar $\lambda=0.5$.

Korak 6. Izračunavanje razlike između vrednosti A_i^{\wedge} i L_i^{\wedge} i primenjivanje jednačine konačnog rangiranja (R_i).

$$R_i = e^{(A_i^{\wedge} - L_i^{\wedge})} \quad (10)$$

gde R_i označava konačan rang alternativa.

4. Studija slučaja

U okviru studije slučaja, analiziran je deo teritorije Beograda (Slika 1), koji je pogodan reprezent čitave teritorije grada usled pripadajućeg reljefa, gustine naseljenosti i razvijenosti saobraćajne mreže. Osnovni cilj je bio da se za skup odabranih alternativa za dostavu definiše rang, a u skladu sa izdvojenim kriterijumima. Primenjena je AROMAN metoda višekriterijumske analize, zasnovana na saradnji sa ekspertima iz oblasti poštanskog saobraćaja. Najpre su definisani kriterijumi i alternative za dostavu. Nakon toga, realizovano je ocenjivanje kriterijuma, kao i alternativa u odnosu na zadate kriterijume.

U saradnji sa ekspertima formiran je skup sledećih kriterijuma:

K1. Troškovi investicija i eksploatacije – Podrazumevaju sve one troškove koji se odnose na uspostavljanje sistema, odnosno na edukaciju, nabavku tehnologije i sredstava, koji će obezbediti nesmetano funkcionisanje određenog načina dostave. Dodatno, podrazumeva i troškove koji nastaju tokom realizacije dostave;

K2. Energetska efikasnost – Odnosi se na potrošnju energije prilikom realizacije procesa dostave. Značaj energetske efikasnosti, ne ogleda se samo kroz troškove, već i kroz smanjenje emisija štetnih gasova. Jedan od glavnih ciljeva društveno odgovornih kompanija jeste smanjenje negativnog uticaja na životnu sredinu i promocija ekološki odgovornog obavljanja poslovnih aktivnosti;

K3. Nivo buke – Buka u kontekstu dostave pošiljaka ima značajan uticaj na okolinu i kvalitet života stanovnika, pre svega u urbanim sredinama. Aktivnosti dostave podrazumevaju korišćenje različitih vrsta vozila, koji generišu značajan nivo buke. Postoji trend da se razvijaju tiši i ekološki prihvatljiviji modeli dostave;

K4. Zauzimanje javnog prostora – Podrazumeva korišćenje javnih površina prilikom realizacije dostave. Jedan od najprisutnijih primera jeste parkiranje vozila kojim se vrši dostava. U zavisnosti od modela dostave, može biti značajno ograničenje, pre svega u urbanim sredinama;

K5. Brzina dostave – Odnosi se na vreme realizacije dostave, uz težnju da ono bude što kraće. Ovaj parametar je jako važan u eri ekspanzije e-trgovine, gde dostava narednog dana postaje standard. Kupci su sve zahtevniji i očekuju da njihove pošiljke budu dostavljene što je moguće brže;

K6. Kapacitet dostave – U zavisnosti od modela dostave, zavisi i kapacitet, odnosno broj pošiljaka koje je moguće dostaviti u određenom vremenskom intervalu.

Postoje modeli, gde se pojedinačna dostava može realizovati u veoma kratkom vremenskom intervalu, međutim usled malog tovarnog prostora transportnog sredstva, na narednu dostavu se čeka duži vremenski period (dok transportno sredstvo ponovo stigne do centra, gde se vrši utovar pošiljke za narednu dostavu);

K7. Zdravlje i bezbednost na radu – Ima veoma važnu ulogu u sistemima dostave pošiljaka, gde radnici često rade pod pritiskom rokova, obimnih ruta i teških fizičkih zahteva. U zavisnosti od modela dostave, radnici su izloženi različitim rizicima, ali i drugi ljudi koji se mogu naći u neposrednoj blizini obavljanja poslovnih aktivnosti;

K8. Mobilnost (prilagodljivost na različite uslove) – U zavisnosti od modela dostave, zavisi i upotreba određenog transportnog sredstva, a samim tim i mogućnost da se odgovori na različite nepredviđene okolnosti. Jedan od čestih primera iz prakse jesu zastoji u saobraćaju, gde se očekuje da se proces dostave nastavi alternativnom rutom u kratkom vremenskom intervalu;

K9. Kompleksnost realizacije dostave – Dostava pošiljaka može biti veoma kompleksan proces zbog mnogobrojnih faktora koji utiču na uspešnost čitavog procesa. Ovi faktori uključuju izbor modela dostave, dinamiku saobraćaja, različite rute za dostavu, vrste pošiljaka i potrebe klijenata;

K10. Adaptacija na vremenske uslove – Podrazumeva nezavisnost modela dostave u odnosu na vremenske uslove, odnosno prilagođavanje određenog modela dostave promeni vremenskih prilika.



Slika 1. Analizirana teritorija [17]

Pored navedenih kriterijuma, za zadatak višekriterijumskog odlučivanja izdvojeno je narednih 7 alternativa modela za dostavu, pri čemu je usvojeno da za svaku alternativu postoje regulativni uslovi za eksploataciju:

A1. Poštovoša pešačenjem – Podrazumeva izvorni oblik tradicionalne dostave pošiljaka, koja se obavlja od strane poštovoše, koji ne koristi transportno sredstvo. Ovaj pristup je i dalje prisutan u mnogim urbanim i ruralnim sredinama;

A2. Električni kargo bicikl – Dostava pošiljaka električnim kargo biciklima je inovativan i ekološki prihvatljiv model. Kargo bicikli su opremljeni električnim pogonom i tovnim prostorom, što pomaže vozačima da premoste veće udaljenosti i da prevoze veći broj pošiljaka;

A3. Električni trotinet – Dostava pošiljaka e-trotinetom postaje sve popularnija u urbanim sredinama. Za sada se uglavnom koriste prilikom dostave hrane, ali postaju prisutni i prilikom dostave drugih tipova pošiljaka;

A4. Električni mobilni paketomat – Za razliku od fiksnih paketomata, u skladu sa zahtevima i potrebama, kreću se odgovarajućom rutom na definisanoj teritoriji. Korisnici imaju mogućnost da putem aplikacije prate lokaciju paketomata i na taj način planiraju korišćenje usluge. Korak napred ka održivoj dostavi predstavljaju mobilni paketomati na električni pogon;

A5. Električni automobil – Podrazumeva tradicionalni koncept dostave pošiljaka od strane kurira, koji u ovom slučaju za realizaciju aktivnosti koristi električni automobil;

A6. Autonomni robot za dostavu – Predstavlja tehnološko inovativni model dostave, koji podrazumeva dostavu od strane robota koji se kreće bez vozača. Kretanje robota obezbeđuje odgovarajući sistem senzora i navigacioni sistem. Po dolasku na lokaciju za dostavu, nakon autentifikacije, korisniku se omogućuje pristup tovnom prostoru i pošiljci;

A7. Dron – Zasniva se na korišćenju bespilotnih letelica za prenos pošiljaka. Ovaj koncept ima brojne prednosti, poput brzine prenosa i mogućnosti prilaza teško dostupnim lokacijama. Međutim, prisutna su i određena ograničenja, poput regulative, bezbednosti i kapaciteta dostave.

4.1 Rezultati i Diskusija

Nakon primene AROMAN metode, dobijen je konačan rang alternativa. Rezultati su predstavljeni u Tabelama od 3 do 8. Prvi korak je formiranje matrice ulaznih podataka. Matrica ulaznih podataka je formirana na osnovu konsultacije sa ekspertima iz oblasti poštanskog saobraćaja. Tri eksperta je na skali od 1 do 10 dalo ocene važnosti svake alternative na osnovu izdvojenih kriterijuma. Takođe, eksperti su ocenjivali važnost svakog kriterijuma, s obzirom na činjenicu da nisu svi kriterijumi podjednako važni za donosioce odluka. Matrica ulaznih podataka je predstavljena u Tabeli 3.

Nakon formiranja početne matrice donošenja odluka, sledeći korak je normalizacija ulaznih podataka. Drugim rečima, to je proces svođenja podataka u intervalu od nule to jedan, sa ciljem dobijanja iste strukture podataka. Kod AROMAN metode, koristi se kombinacija dva tipa normalizacije, linearna i vektorska. Nakon toga se normalizovani podaci kreiraju kroz agregaciju linearne i vektorske normalizacije prateći korake AROMAN metode. Normalizovani podaci su respektivno predstavljeni u Tabelama 4-6.

Tabela 3. Početna matrica ulaznih podataka

	K₁	K₂	K₃	K₄	K₅	K₆	K₇	K₈	K₉	K₁₀
A₁	5	10	1	1	1	2	2	4	2	5
A₂	3	9	2	3	7	7	4	7	3	4
A₃	4	7	3	2	6	2	1	6	3	3
A₄	2	3	5	8	4	10	6	4	6	9
A₅	1	4	4	7	5	9	6	4	4	9
A₆	8	7	2	5	2	5	7	3	9	5
A₇	7	7	6	2	8	1	7	10	10	4
W_i	0.11554	0.09960	0.09960	0.06375	0.09562	0.10359	0.11952	0.11155	0.09163	0.09960

Tabela 4. Linearna normalizacija

	K₁	K₂	K₃	K₄	K₅	K₆	K₇	K₈	K₉	K₁₀
A₁	0.5714	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1111	0.1667	0.1429	0.0000	0.3333
A₂	0.2857	0.8571	0.2000	0.2857	0.8571	0.6667	0.5000	0.5714	0.1250	0.1667
A₃	0.4286	0.5714	0.4000	0.1429	0.7143	0.1111	0.0000	0.4286	0.1250	0.0000
A₄	0.1429	0.0000	0.8000	1.0000	0.4286	1.0000	0.8333	0.1429	0.5000	1.0000
A₅	0.0000	0.1429	0.6000	0.8571	0.5714	0.8889	0.8333	0.1429	0.2500	1.0000
A₆	1.0000	0.5714	0.2000	0.5714	0.1429	0.4444	1.0000	0.0000	0.8750	0.3333
A₇	0.8571	0.5714	1.0000	0.1429	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.1667

Tabela 5. Vektorska normalizacija

	K₁	K₂	K₃	K₄	K₅	K₆	K₇	K₈	K₉	K₁₀
A₁	0.3730	0.6047	0.0000	0.0000	0.0000	0.0709	0.0870	0.1140	0.0000	0.2209
A₂	0.1865	0.5183	0.1336	0.1933	0.5145	0.4253	0.2611	0.4558	0.0861	0.1104
A₃	0.2798	0.3455	0.2673	0.0967	0.4287	0.0709	0.0000	0.3419	0.0861	0.0000
A₄	0.0933	0.0000	0.5345	0.6767	0.2572	0.6380	0.4352	0.1140	0.3443	0.6626
A₅	0.0000	0.0864	0.4009	0.5800	0.3430	0.5671	0.4352	0.1140	0.1721	0.6626
A₆	0.6528	0.3455	0.1336	0.3867	0.0857	0.2836	0.5222	0.0000	0.6025	0.2209
A₇	0.5595	0.3455	0.6682	0.0967	0.6002	0.0000	0.5222	0.7977	0.6885	0.1104

Tabela 6. Agregirana normalizacija

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀
A ₁	0.2361	0.4012	0.0000	0.0000	0.0000	0.0455	0.0634	0.0642	0.0000	0.1385
A ₂	0.1181	0.3439	0.0834	0.1198	0.3429	0.2730	0.1903	0.2568	0.0528	0.0693
A ₃	0.1771	0.2292	0.1668	0.0599	0.2858	0.0455	0.0000	0.1926	0.0528	0.0000
A ₄	0.0590	0.0000	0.3336	0.4192	0.1715	0.4095	0.3171	0.0642	0.2111	0.4156
A ₅	0.0000	0.0573	0.2502	0.3593	0.2286	0.3640	0.3171	0.0642	0.1055	0.4156
A ₆	0.4132	0.2292	0.0834	0.2395	0.0572	0.1820	0.3806	0.0000	0.3694	0.1385
A ₇	0.3542	0.2292	0.4170	0.0599	0.4001	0.0000	0.3806	0.4494	0.4221	0.0693

Sledeći korak je formiranje otežane agregirane matrice odlučivanja. Nakon toga, određuju se sume svih kriterijuma po vrstama, zavisno od tipa kriterijuma. Drugim rečima, kao što AROMAN metoda sugerise, posebno se sabiraju kriterijumi tipa minimum, od tipa maximum. Rezultat ovog koraka predstavljen je u Tabeli 7.

Tabela 7. Otežana agregirana normalizovana matrica sa sumama prema tipu kriterijuma

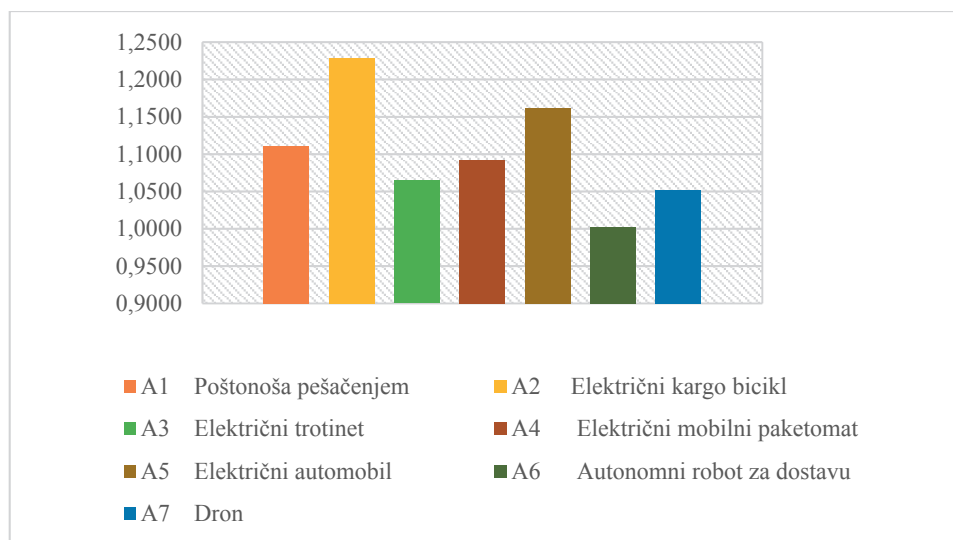
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	Li	Ai
A ₁	0.0273	0.0400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0047	0.0076	0.0072	0.0000	0.0138	0.0273	0.0732
A ₂	0.0136	0.0342	0.0083	0.0076	0.0328	0.0283	0.0227	0.0286	0.0048	0.0069	0.0344	0.1536
A ₃	0.0205	0.0228	0.0166	0.0038	0.0273	0.0047	0.0000	0.0215	0.0048	0.0000	0.0457	0.0764
A ₄	0.0068	0.0000	0.0332	0.0267	0.0164	0.0424	0.0379	0.0072	0.0193	0.0414	0.0861	0.1453
A ₅	0.0000	0.0057	0.0249	0.0229	0.0219	0.0377	0.0379	0.0072	0.0097	0.0414	0.0575	0.1517
A ₆	0.0477	0.0228	0.0083	0.0153	0.0055	0.0189	0.0455	0.0000	0.0338	0.0138	0.1052	0.1064
A ₇	0.0409	0.0228	0.0415	0.0038	0.0383	0.0000	0.0455	0.0501	0.0387	0.0069	0.1250	0.1636
Min/Max	Min	Max	Min	Min	Max	Max	Max	Max	Min	Max		

Nakon ovog koraka, određuju se vrednosti Li^{\wedge} i Ai^{\wedge} kao i konačno rangiranje alternativa. Rezultati su prikazani u Tabeli 8.

Tabela 8. Konačno rangiranje alternativa

Li [^]	Ai [^]	Ai [^] -Li [^]	e ^{Ai[^]-Li[^]}	Rang Alternativa
0.1652	0.2706	0.1054	1.1112	3
0.1855	0.3919	0.2064	1.2293	1
0.2138	0.2763	0.0625	1.0645	5
0.2934	0.3812	0.0877	1.0917	4
0.2398	0.3895	0.1498	1.1615	2
0.3243	0.3262	0.0020	1.0020	7
0.3535	0.4045	0.0510	1.0523	6

Kao što se može videti u Tabeli 8 i na Slici 2, najbolja alternativa za datu studiju slučaja je A_2 - *Električni kargo bicikl*. Celokupni rang alternativa je dat u sledećem opadajućem redosledu: $A_2 > A_5 > A_1 > A_4 > A_3 > A_7 > A_6$.



Slika 2. Konačan redosled alternativa

Dobijeni rezultati ukazuju na pogodnost primene modela dostave koji se zasniva na korišćenju kargo bicikala, za posmatranu teritoriju Beograda. Jedna od činjenica koja ide u prilog navedenom modelu jeste i da bicikli mogu pristupiti mestima koja su teško dostupna većim vozilima, kao što su uske i nepristupačne ulice, ulice sa manjkom parking mesta, pešačke zone i sl. Takođe, bicikli ne doprinose stvaranju saobraćajnih gužvi i smanjuju opterećenje saobraćajnih mreža, što je veoma značajno za gradske sredine. Važan uticajni aspekt ovog modela jeste i ekološka održivost, gde električni kargo bicikli ne proizvode emisije štetnih gasova. Ako analiziramo brzinu dostave korišćenjem ovih sredstava, usled postojanja električnog pogona, kao i relativno brzog parkiranja na lokaciji, možemo reći da je na visokom nivou. U poređenju sa tradicionalnim pristupom dostave gde se koriste transportna sredstva sa pogonom na fosilna goriva, električni bicikli imaju niže operativne troškove, uključujući i održavanje. Posmatrajući širi uticaj pristupa na životnu sredinu, pre svega na zdravlje ljudi, možemo govoriti o povećanoj svesti i boljoj kondiciji, usled intenzivnog korišćenja fizičke aktivnosti tokom vožnje.

Potrebno je naglasiti da je potvrđen značaj i ostalih modela, što je pokazatelj tendencija ka korišćenju alternativnih, održivih modela za dostavu pošiljaka. "Najlošije" su pozicionirane alternative koje podrazumevaju upotrebu najsavremenijih pristupa, odnosno korišćenje dronova i autonomnih robota. Jedan od osnovnih razloga za ovakav rezultat je u činjenici da su navedeni modeli u fazi razvoja i da još uvek postoje određena tehnička i tehnološka ograničenja u njihovoj primeni. Dodatno eksperti su još uvek u određenoj meri rezervisani kada je reč o njihovoj eksploataciji i pored činjenice da je u istraživačke svrhe usvojen stav o postojanju odgovarajuće regulative, koja u realnosti svakako predstavlja značajno ograničenje.

4. Zaključak

Održivo poslovanje predstavlja imperativ za svaku kompaniju iz bilo koje poslovne oblasti. Zasniva se na odgovornom delovanju u sve tri dimenzije održivosti – ekološkoj, društvenoj i ekonomskoj. Prateći ovaj koncept, kompanije mogu ostvariti značajne uspehe na tržištu. U radu su analizirani održivi modeli dostave, uzimajući u obzir definisane kriterijume, a u cilju izbora najpogodnijeg modela za deo teritorije Beograda. Naime, kroz saradnju sa ekspertima i primenom višekriterijumske analize, identifikovano je deset ključnih kriterijuma i sedam različitih alternativa dostave. Rezultati istraživanja ukazuju da je najpogodniji model za održivu dostavu na posmatranoj teritoriji onaj koji podrazumeva upotrebu električnih kargo bicikala. Ova odluka je doneta na osnovu sposobnosti modela da zadovolji sve postavljene kriterijume, uključujući održivost, ekonomske prednosti i praktičnost.

Dobijeni rezultati potvrđuju važnost korišćenja alternativnih modela dostave, posebno u urbanim sredinama gde su gužve i emisije štetnih gasova sve veći problem. Sistemi za dostavu pošiljaka će se i u budućnosti oblikovati u skladu sa fokusom na brzinu, efikasnost i održivost, dok će savremena tehnološka rešenja imati veliki značaj u tendenciji zadovoljenja potreba korisnika i unapređenja iskustva dostave.

Literatura

- [1] Švadlenka, L., Simić, V., Dobrodolac, M., Lazarević, D., & Todorović, G. (2020). Picture fuzzy decision-making approach for sustainable last-mile delivery. *IEEE Access*, 8, 209393-209414.
- [2] Simić, V., Lazarević, D., & Dobrodolac, M. (2021). Picture fuzzy WASPAS method for selecting last-mile delivery mode: a case study of Belgrade. *European Transport Research Review*, 13, 1-22.
- [3] Giuffrida, N., Fajardo-Calderin, J., Masegosa, A. D., Werner, F., Steudter, M., & Pilla, F. (2022). Optimization and machine learning applied to last-mile logistics: A review. *Sustainability*, 14(9), 5329.
- [4] Bošković, S., Švadlenka, L., Dobrodolac, M., Jovčić, S., & Zanne, M. (2023). An Extended AROMAN Method for Cargo Bike Delivery Concept Selection. *Decision Making Advances*, 1, 1-9.
- [5] Bošković, S., Švadlenka, L., Jovčić, S., Dobrodolac, M., Simić, V., & Bačanić, N. (2023b). An Alternative Ranking Order Method Accounting for Two-Step Normalization (AROMAN)–A Case Study of the Electric Vehicle Selection Problem. *IEEE Access*.
- [6] Yilmaz, Ş. F., Aktaş, N., & Demirel, N. (2022). Novel last mile delivery models in terms of sustainable urban logistics. *Journal of Turkish Operations Management*, 6(1), 1076-1091.
- [7] Mohammad, W. A., Nazih Diab, Y., Elomri, A., & Triki, C. (2023, April). Innovative solutions in last mile delivery: concepts, practices, challenges, and future directions. In *Supply Chain Forum: An International Journal* (Vol. 24, No. 2, pp. 151-169). Taylor & Francis.
- [8] Sorooshian, S., Khademi Sharifabad, S., Parsaee, M., & Afshari, A. R. (2022). Toward a modern last-mile delivery: Consequences and obstacles of intelligent technology. *Applied System Innovation*, 5(4), 82.

- [9] Balaska, V., Tsiakas, K., Giakoumis, D., Kostavelis, I., Folinis, D., Gasteratos, A., & Tzovaras, D. (2022). A Viewpoint on the Challenges and Solutions for Driverless Last-Mile Delivery. *Machines*, 10(11), 1059.
- [10] Kader, M. S., Rashaduzzaman, M., Huang, X., & Kim, S. (2023). Influencing factors toward e-shoppers' adoption of green last-mile delivery. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 51(2), 220-237.
- [11] Vrhovac, V., Vasić, S., Milisavljević, S., Dudić, B., Štarchoň, P., & Žižakov, M. (2023). Measuring E-Commerce User Experience in the Last-Mile Delivery. *Mathematics*, 11(6), 1482.
- [12] Eskandaripour, H., & Boldsaikhan, E. (2023). Last-mile drone delivery: Past, present, and future. *Drones*, 7(2), 77.
- [13] Yalçın, G. C., Kara, K., Toygar, A., Simic, V., Pamucar, D., & Köleoğlu, N. (2023). An intuitionistic fuzzy-based model for performance evaluation of EcoPorts. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 126, 107192.
- [14] Nikolić, I., Milutinović, J., Božanić, D., & Dobrodolac, M. (2023). Using an Interval Type-2 Fuzzy AROMAN Decision-Making Method to Improve the Sustainability of the Postal Network in Rural Areas. *Mathematics*, 11(14), 3105.
- [15] Čubranić-Dobrodolac, M., Jovčić, S., Bošković, S., & Babić, D. (2023). A Decision-Making Model for Professional Drivers Selection: A Hybridized Fuzzy–AROMAN–Fuller Approach. *Mathematics*, 11(13), 2831.
- [16] Rani, P., Mishra, A. R., Alrasheedi, A. F., Xie, B., & DWIVEDI, R. (2023). Evaluating the Sustainable Human Resource Management in Manufacturing Firms Using Single-Valued Neutrosophic Distance Measure-Based RANCOM-AROMAN Model.
- [17] Lazarević, D. (2020). Upravljanje kvalitetom poštanske usluge primenom geometrijskog modeliranja. Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet.

Abstract: *The development of e-commerce has resulted in an increase in the number of shipments in delivery systems. Delivery companies aim to respond to this emerging situation, satisfy customer needs, and achieve profitability by optimizing their operations. An imperative is the establishment of a delivery system that aligns with the principles of sustainable development. This paper defines the task of selecting a sustainable delivery model for shipments and proposes the AROMAN method for its resolution. The applicability of the proposed method is demonstrated through an example of solving the defined task in the territory of the city of Belgrade.*

Keywords: *e-commerce, technological development, sustainable delivery models, multi-criteria analysis.*

SELECTING A SUSTAINABLE DELIVERY MODEL USING AROMAN MULTI-CRITERIA ANALYSIS

Momčilo Dobrodolac, Sara Bošković, Stefan Jovčić, Dragan Lazarević