

KLJUČNI FAKTORI IZBORA LOKACIJE PAKETOMATA

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

Rezime: Paketomati predstavljaju efikasno rešenje za probleme slanja i dostave paketskih pošiljaka duž “prve milje” i “poslednje milje”. Oni imaju pozitivan uticaj na ekonomsku, ekološku i društvenu održivost industrije paketskih usluga. U radu su predloženi faktori izbora lokacije paketomata. Predstavljena je nova PRICER (PerfoRmance IndiCator and Expert Rating) metoda za određivanje ključnih faktora među njima, bazirana na određivanju značaja eksperata objektivnim pristupom. Sprovedeno je anketiranje eksperata iz akademske zajednice i utvrđeno je da su ključni faktori izbora lokacije paketomata: fleksibilnost opsluge, gustina naseljenosti, pristupačnost vozačima, sigurnost i investicioni troškovi.

Ključne reči: Paketomat, Lokacijski faktori, Višekriterijumsko odlučivanje, PRICER, Poštanski saobraćaj

1. Uvod

Paketomati su samouslužni terminali koji imaju funkcije slanja i dostave paketskih pošiljaka. Funkcija slanja može pomoći poštanskim operatorima da unaprede prijem paketa duž “prve milje”. Sa druge strane, paketomati mogu efikasno supstituisati tradicionalnu kurirsku dostavu do vrata korisnika i unaprediti isporuku paketskih pošiljaka duž “poslednje milje”, koja predstavlja najskuplju aktivnost operatora (van Duin i ostali, 2020). Pozitivni efekti uvođenja paketomata su i smanjenje zagađenosti vazduha i saobraćajnih gužvi u visoko naseljenim gradskim sredinama (Lemke i ostali, 2016), kao i dostupnost opsluge 24 časa, sedam dana u nedelji (Lachapelle i ostali, 2018).

Projektovanje mreže paketomata u urbanim sredinama predstavlja kompleksan problem višekriterijumskog odlučivanja, jer veliki broj faktora utiče na određivanje njihove lokacije, a sveobuhvatna lista ovih faktora, određivanje ključnih faktora, kao ni konkretni lokacijski modeli ili studije slučaja lociranja paketomata još uvek nisu dostupni u literaturi.

Ova studija ima za cilj da: (i) predloži faktore izbora lokacije paketomata, (ii) prezentuje novu PRICER (PerfoRmance IndiCator and Expert Rating) metodu za određivanje ključnih, srednje važnih i manje važnih faktora i (iii) ilustruje njenu primenu u određivanju kako klasa faktora izbora lokacije paketomata po važnosti, tako i pojedinačnog značaja svakog od razmatranih faktora, u ovom radu gledano iz ugla akademske zajednice.

Rad je organizovan na sledeći način. U narednom poglavlju prezentovan je pregled relevantnih studija za problem razmatran u ovom radu. Treće poglavlje prikazuje listu faktora izbora lokacija paketomata. Prikaz *PRICER* metode u algoritamskoj formi dat je u četvrtom poglavlju. U petom poglavlju su identifikovani ključni faktori izbora lokacije paketomata po mišljenju analiziranog uzorka eksperata iz akademske zajednice i objašnjen postupak njihovog dobijanja predloženom metodom. Na kraju rada data su zaključna razmatranja i pravci daljih istraživanja.

2. Pregled literature

Pregled dostupnih studija koje se bave analizom i evaluacijom faktora saobraćaja i transporta priložen je u tabeli 1.

Tabela 1. Pregled studija evaluacije faktora saobraćaja i transporta.

Autor(i) i godina	Razmatrani problem	Metoda(e)	Primena	Broj faktora
Barbosa i ostali (2017)	Faktori kvaliteta gradskog saobraćaja	AHP	Brazil	30
Amchang i Song (2018)	Faktori izbora lokacije centra prerade	AHP	Tajland	11
Jiang i ostali (2019)	Faktori održivosti ruralne elektronske trgovine i dostave	AHP, ISM	Kina	15
Moslem i ostali (2019)	Faktori kvaliteta gradskog saobraćaja	AHP	Turska	11
Raj i Sah (2019)	Faktori uspeha dostave dronovima	DEMATEL	Indija	12
Titiyal i ostali (2019)	Faktori kvaliteta servisa na bankomatima	DEMATEL, ANP	Ilustrativni primer	29
Majumdar i ostali (2020)	Faktori kvaliteta prevoza podzemnom železnicom	TOPSIS, ISA	Indija	12
Wang i Shi (2020)	Faktori kvaliteta usluge gradskog železničkog saobraćaja	Maksimalna entropija	Kina	16
Rao (2021)	Faktori održivosti železničkog sistema	DEMATEL, ANP	Tajvan	7
Sah i ostali (2021)	Faktori implementacije dostave dronovima	Delfi, AHP	Sjedinjene Države	34
<i>Ova studija</i>	<i>Faktori izbora lokacije paketomata</i>	<i>PRICER</i>	<i>Srbija</i>	<i>14</i>

Analytic Hierarchy Process - AHP, Analytic Network Process - ANP, DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory - DEMATEL, Importance Satisfaction Analysis - ISA, Interpretative Structural Model - ISM, PerfoRmance IndiCator and Expert Rating - PRICER, Technique for the Order Preference by Similarity to Ideal Solution - TOPSIS.

Uvidom u raspoloživu naučnu literaturu pokazuje se da problem određivanja ključnih faktora izbora lokacije paketomata nije do sada bio razmatran. Ovo je podstaklo autore rada da ovaj važan problem iz oblasti poštanskog saobraćaja detaljno analiziraju, predlože faktore izbora lokacije paketomata i ponude nov pristup za određivanje ključnih.

3. Faktori izbora lokacije paketomata

Razmatranjem problema lociranja paketomata i istraživanjem referentne literature, kao relevantni za razmatranje, ustanovljeni su sledeći faktori izbora lokacije paketomata:

- *Investicioni troškovi* – fiksni troškovi zakupa lokacije i inicijalni troškovi puštanja u rad paketomata;
- *Operativni troškovi* – troškovi održavanja i eksploatacije paketomata na lokaciji;
- *Blizina centra prerade* – udaljenost lokacije od najbližeg centra prerade paketskih pošiljaka;
- *Pristupačnost operaterima* – pristupačnost lokacije za efikasnu realizaciju operacija utovara i istovara paketskih pošiljaka;
- *Pristupačnost pešacima* – pogodnost pristupa lokacije za pešake;
- *Pristupačnost vozačima* – saobraćajna povezanost lokacije i raspoloživost mesta za parkiranje;
- *Gustina naseljenosti* – broj stanovnika u zoni opsluge paketomata;
- *Konkurencija* – prisustvo paketomata konkurentskih operatora u zoni opsluge;
- *Atraktivnost* – prisustvo poslovnih i/ili zabavnih sadržaja/tokova, u zoni opsluge paketomata;
- *Opremljenost* – građevinska i informaciono-komunikaciona opremljenost lokacije;
- *Sigurnost* – obezbeđenje, osvetljenje i pokrivenost kamerama lokacije paketomata;
- *Fleksibilnost opsluge* – mogućnost da lokacija paketomata bude dostupna korisnicima za opslugu 24/7;
- *Buka* – buka u zoni opsluge paketomata; i
- *Zagađenost vazduha* – zagađenost vazduha u zoni opsluge paketomata.

Imajući u vidu da je veliki broj faktora od interesa za potrebe planiranja, projektovanja i razvoja mreža paketomata, u modeliranju problema određivanja broja i mesta lokacija paketomata, postavlja se problem evaluacije potencijalnih lokacija, kojih je po pravilu veliki broj, po svim izlistanim faktorima pretočenim u kriterijumske funkcije. Prikupljanje podataka o potencijalnim lokacijama je najzahtevnija faza u rešavanju problema, te je razvrstavanje faktora u klase po značajnosti od velike pomoći, jer pruža uvid donosiocima odluke u to koji su ključni faktori, kojima treba posvetiti najveću pažnju u toj fazi, srednje važni faktori, koje takođe treba uzeti u obzir, ali koji u manjoj meri doprinose ukupnoj vrednosti lokacije i manje važni faktori koji se, ukoliko je dolazak do njihovih izmeritelja kompleksan i dominantno okarakterisan neizvesnošću, mogu i isključiti iz razmatranja.

4. PRICER metoda

U ovom poglavlju prezentovana je *PRICER* metoda za rešavanje problema određivanja ključnih faktora. Ova metoda se bazira na objektivnom određivanju značaja eksperata, određivanju pojedinačnog značaja faktora i klasifikaciju faktora na osnovu tog značaja. Objektivnost u kategorizaciji eksperata po značaju ogleda se u dodeljivanju veće važnosti ekspertima čije preferencije manje odstupaju od prosečnog mišljenja grupe, i obratno. Tako određenim važnostima eksperata ponderišu se njihova mišljenja i naknadno agregiraju u grupno mišljenje, koje govori o značaju faktora i pruža osnovu za njihovo razvrstavanje u klase.

Neka je $F = \{F_1, \dots, F_i, \dots, F_m\}$ ($m \geq 2$) konačan skup faktora izbora lokacije paketomata i neka je $E = \{E_1, \dots, E_j, \dots, E_n\}$ ($n \geq 2$) skup eksperata koji učestvuju u njihovoj evaluaciji. Sledi prikaz *PRICER* metode u algoritamskoj formi:

Korak 1. Formirati matricu preferencija faktora po ekspertima $V = [V_{ij}]_{m \times n}$:

$$V = \begin{matrix} & E_1 & \dots & E_j & \dots & E_n \\ \begin{matrix} F_1 \\ \vdots \\ F_i \\ \vdots \\ F_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} V_{11} & \dots & V_{1j} & \dots & V_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{i1} & \dots & V_{ij} & \dots & V_{in} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{m1} & \dots & V_{mj} & \dots & V_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix}, \quad (1)$$

gde V_{ij} označava preferenciju faktora F_i koju je odredio ekspert E_j .

Korak 2. Izračunati grupnu preferenciju svakog faktora izbora lokacije:

$$O_i = n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n V_{ij}}, \quad i = 1, \dots, m, \quad (2)$$

gde O_i označava ukupnu preferenciju faktora F_i dobijenu kao geometrijska sredina ocena svih eksperata.

Korak 3. Izračunati odstupanja preferencija eksperata od grupne preferencije za svaki faktor:

$$P_{ij} = |V_{ij} - O_i|, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (3)$$

gde P_{ij} označava odstupanje preferencije eksperta E_j od grupne preferencije po faktoru F_i .

Korak 4. Izračunati ukupno odstupanje svakog eksperta:

$$R_j = \sum_{i=1}^m P_{ij}, \quad j = 1, \dots, n \quad (4)$$

gde R_j označava ukupno odstupanje eksperta E_j .

Korak 5. Izračunati relativni značaj eksperata:

$$\theta_j = \frac{1/R_j}{\sum_{t=1}^n 1/R_t}, \quad j=1, \dots, n \quad (5)$$

gde $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_j, \dots, \theta_n)$ predstavlja vektor značaja eksperata i θ_j je značaj eksperta E_j , pri čemu važi $\theta_j \in [0, 1]$ ($j=1, \dots, n$) i $\sum_{j=1}^n \theta_j = 1$.

Korak 6. Izračunati ponderisanu preferenciju svakog faktora:

$$S_i = \sum_{j=1}^n (V_{ij})^{\theta_j}, \quad i=1, \dots, m, \quad (6)$$

gde S_i označava preferenciju faktora F_i ponderisanu relativnim značajem eksperata.

Korak 7. Izračunati normalizovanu ponderisanu preferenciju za svaki faktora:

$$B_i = \frac{S_i}{\max_{l=1, \dots, m} S_l}, \quad i=1, \dots, m, \quad (7)$$

gde je B_i normalizovana ponderisana preferencija faktora F_i svedena u opseg $[0, 1]$.

Korak 8. Klasifikovati faktore po važnosti:

Sve faktore klasifikujemo na ključne (tj. veoma važne) ako je $\xi_1 < B_i \leq 1.0$, “srednje važne” ako je $\xi_2 < B_i \leq \xi_1$ i “nevažne” ako je $B_i \leq \xi_2$; pri čemu se ξ_1 može smatrati parametrom klasifikacije ključnih faktora, ξ_2 parametrom klasifikacije manje važnih faktora, a između je klasa srednje važnih faktora. Takođe važi, $\xi_1, \xi_2 \in (0, 1)$. Vrednosti parametara klasifikacije ξ_1 i ξ_2 definiše donosilac odluka uzimajući u obzir prirodu rešavanog problema.

5. Rezultati i diskusija

U ovom delu dati su rezultati primene predložene *PRICER* metode na rešavanje problema određivanja ključnih faktora izbora lokacije paketomata. U procesu evaluacije važnosti 14 faktora izbora lokacije paketomata učestvovalo je 12 eksperata, predstavnika akademske zajednice: 10 studenata završne godine Modula za poštanski saobraćaj i mreže i autori ovog rada. Eksperti su anketirani primenom Google Forms. Oni su ocene analiziranih faktora davali na skali od 1 do 10. Sakupljene ekspertske preferencije predloženih faktora izbora lokacije paketomata priložene su u tabeli 2.

Grupna preferencija faktora izbora lokacije paketomata određena je kao geometrijska sredina ocena svih eksperata i priložena u tabeli 3 (kolona 2). Zatim su na osnovu sakupljenih ekspertskih preferencija (tabela 2), grupnih preferencija (tabela 3, kolona 2) i primenom jednačine (3), izračunata individualna odstupanja eksperata od

preferencija grupe za svaki faktor izbora lokacije paketomata. Dobijene vrednosti mogu se naći u tabeli 3.

Tabela 2. Matrica preferencija faktora izbora lokacije paketomata po ekspertima

Faktor		Ekspert									
Naziv	Oznaka	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	...	E_{12}
Investicioni troškovi	F_1	8	9	10	6	8	6	5	7	...	8
Operativni troškovi	F_2	7	6	10	7	4	4	6	7	...	6
Blizina centra prerade	F_3	6	8	5	4	6	9	7	8	...	5
Pristupačnost operaterima	F_4	9	8	7	8	4	8	7	6	...	8
Pristupačnost pešacima	F_5	3	10	7	10	10	5	6	8	...	6
Pristupačnost vozačima	F_6	4	9	7	10	8	9	6	7	...	10
Gustina naseljenosti	F_7	10	9	8	8	7	5	8	6	...	8
Konkurencija	F_8	4	7	6	7	6	6	5	5	...	5
Atraktivnost	F_9	9	6	4	9	3	5	8	9	...	3
Opremljenost	F_{10}	8	8	5	6	7	7	6	6	...	10
Sigurnost	F_{11}	7	8	5	10	8	10	7	7	...	7
Fleksibilnost opsluge	F_{12}	9	10	10	10	7	6	6	7	...	10
Buka	F_{13}	2	7	1	1	5	7	7	8	...	2
Zagađenost vazduha	F_{14}	3	7	1	4	3	9	9	6	...	2

Tabela 3. Grupna preferencija faktora i odstupanja preferencija eksperata od grupne preferencije

Faktor	Grupna preferencija	Odstupanja preferencija eksperata								
		E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	...	E_{12}	
F_1	7.534	0.466	1.466	2.466	1.534	0.466	1.534	...	0.466	
F_2	6.443	0.557	0.443	3.557	0.557	2.443	2.443	...	0.443	
F_3	6.301	0.301	1.699	1.301	2.301	0.301	2.699	...	1.301	
F_4	6.776	2.224	1.224	0.224	1.224	2.776	1.224	...	1.224	
F_5	6.929	3.929	3.071	0.071	3.071	3.071	1.929	...	0.929	
F_6	7.833	3.833	1.167	0.833	2.167	0.167	1.167	...	2.167	
F_7	7.939	2.061	1.061	0.061	0.061	0.939	2.939	...	0.061	
F_8	6.163	2.163	0.837	0.163	0.837	0.163	0.163	...	1.163	
F_9	5.683	3.317	0.317	1.683	3.317	2.683	0.683	...	2.683	
F_{10}	7.102	0.898	0.898	2.102	1.102	0.102	0.102	...	2.898	
F_{11}	7.857	0.857	0.143	2.857	2.143	0.143	2.143	...	0.857	
F_{12}	8.503	0.497	1.497	1.497	1.497	1.503	2.503	...	1.497	
F_{13}	3.054	1.054	3.946	2.054	2.054	1.946	3.946	...	1.054	
F_{14}	3.460	0.460	3.540	2.460	0.540	0.460	5.540	...	1.460	

Na osnovu odstupanja eksperata od grupnih preferencija po svim faktorima izbora lokacije paketomata i jednačine (5), određen je sledeći vektor značaja eksperata: $\theta = (0.080, 0.084, 0.084, 0.080, 0.105, 0.062, 0.075, 0.079, 0.063, 0.073, 0.116, 0.099)$. Na ovaj način, veći značaj alocirani je ekspertima čije preferencije manje odstupaju od mišljenja grupe, i obratno.

Preferencije eksperata agregirane su primenom operatora geometrijske sredine, definisanog jednačinom (6), uzimajući u obzir objektivno određene značaje eksperata i njihove preferencije faktora (tabela 2). Na ovaj način izračunate su ponderisane preferencije za svaki od 12 analiziranih faktora izbora lokacije paketomata i date u tabeli 4 (kolona 2). Normalizovane ponderisane preferencije faktora određene su svođenjem ponderisanih preferencija u opseg [0, 1] primenom jednačine (7) i predstavljene u tabeli 4 (kolona 3).

U ovoj studiji, usvojeno je da parametar klasifikacije ključnih faktora ξ_1 iznosi 0.85, kao i da je parametar klasifikacije manje važnih faktora ξ_2 jednak 0.50. Konačno, svih 12 razmatranih lokacijskih faktora klasifikovano je po važnosti na “ključne”, “srednje važne” i “manje važne”. Klase važnosti faktora date su u poslednjoj koloni tabele 4.

Tabela 4. Matrica preferencija faktora izbora lokacije paketomata po ekspertima

Faktor	Ponderisana preferencija	Normalizovana ponderisana preferencija	Klasa važnosti faktora
F_1 : Investicioni troškovi	7.617	0.890	“ključna”
F_2 : Operativni troškovi	6.364	0.744	“srednje važna”
F_3 : Blizina centra prerade	6.182	0.723	“srednje važna”
F_4 : Pristupačnost operaterima	6.543	0.765	“srednje važna”
F_5 : Pristupačnost pešacima	6.910	0.808	“srednje važna”
F_6 : Pristupačnost vozačima	7.793	0.911	“ključna”
F_7 : Gustina naseljenosti	7.994	0.934	“ključna”
F_8 : Konkurencija	6.123	0.716	“srednje važna”
F_9 : Atraktivnost	5.255	0.614	“srednje važna”
F_{10} : Opremljenost	7.065	0.826	“srednje važna”
F_{11} : Sigurnost	7.776	0.909	“ključna”
F_{12} : Fleksibilnost opsluge	8.557	1.000	“ključna”
F_{13} : Buka	3.087	0.361	“manje važna”
F_{14} : Zagađenost vazduha	3.418	0.399	“manje važna”

Prema mišljenju eksperata iz akademske zajednice, ključni faktori su fleksibilnost opsluge, gustina naseljenosti, pristupačnost vozačima, sigurnost i investicioni troškovi. Ovi lokacijski faktori moraju biti uzeti u razmatranje u procesu projektovanja mreže paketomata i prikupljanju informacija o njihovim izmeriteljima treba pristupiti sa najvećom pažnjom, jer značajno doprinose ukupnoj vrednosti potencijalnih lokacija.

Srednje važni faktori izbora lokacije paketomata su opremljenost, pristupačnost pešacima, pristupačnost operaterima, operativni troškovi, blizina centra prerade, konkurencija i atraktivnost. Preporučuje se sveobuhvatno uzimanje u obzir i svih sedam srednje važnih faktora prilikom izbora lokacija paketomata.

Buka i zagađenost vazduha klasifikovani su kao manje važni lokacijski faktori. Oni, po mišljenju eksperata koji su uzeli učešće u ovoj studiji, mogu biti i izuzeti iz dalje analize lokacija paketomata.

5. Zaključak

U radu su identifikovani i razmatrani faktori izbora lokacija paketomata, sa idejom da se ukaže na ključne, srednje važne i malo važne faktore što je od interesa u procesima planiranja, projektovanja i razvoja mreža paketomata, koje su novina i aktuelnost u poštanskom sektoru. Takođe je prezentovana i *PRICER* metoda za klasifikaciju faktora.

Rad ima teorijski doprinos jer se predložena *PRICER* metoda može upotrebiti ne samo za klasifikaciju faktora, već i za određivanje pojedinačnog značaja faktora, kao i za određivanje značaja eksperata. Prezentovana metoda efikasno agregira preferencije eksperata primenom operatora geometrijske sredine. *PRICER* metoda može biti skalirana za evaluaciju bilo kog broja faktora i analizu preferencija velikog broja eksperata sa malim uticajem na složenost potrebnih izračunavanja.

Sa druge strane, ovaj rad ima i praktični doprinos, jer su po prvi put sveobuhvatno predloženi i definisani faktori izbora lokacije paketomata. Pored toga, određeni su ključni, srednje važni i manje važni faktori izbora lokacije paketomata po viđenju akademske zajednice. Prema njihovom mišljenju ključni lokacijski faktori su: fleksibilnost opsluge, gustina naseljenosti, pristupačnost vozačima, sigurnost i investicioni troškovi. Ovi faktori moraju biti uzeti u razmatranje u procesu projektovanja mreže paketomata. Preporučuje se uzimanje u obzir i svih sedam srednje važnih faktora izbora lokacije paketomata. Zagađenost vazduha i buka u zoni opsluge paketomata mogu biti i izuzeti iz analize lokacija paketomata, jer su se anketirani predstavnici akademske zajednice ova dva faktora prepoznali kao manje važne.

Buduća istraživanja mogu se podeliti u nekoliko pravaca.

- Uključivanje eksperata iz industrijskog sektora i određivanje ključnih faktora izbora lokacije paketomata sa aspekta poštanskih operatera, kao i analiza mišljenja korisnika i dobijanje njihovog viđenja.
- Davanje uvida ekspertima u dobijene rezultate i analiza povratnih informacija, kao i razmatranje mogućih pristupa agregiranju stavova više zainteresovanih strana.
- Proširivanje predložene *PRICER* metode u fazi okruženje (Zadeh, 1965) i intuitivističko fazi okruženje (Atanassov, 1986), kako bi se dodatno unapredila njena primenljivost za rešavanje praktičnih problema u uslovima neizvesnosti preferencija eksperata.

Literatura

- [1] A. Raj, and B. Sah, "Analyzing critical success factors for implementation of drones in the logistics sector using grey-DEMATEL based approach", *Computers & Industrial Engineering*, vol. 138, 2019, article 106118. DOI: 10.1016/j.cie.2019.106118.
- [2] B. B. Majumdar, D. Dissanayake, A. S. Rajput, Y. Q. Saw, and P. K. Sahu, "Prioritizing metro service quality attributes to enhance commuter experience: TOPSIS ranking and importance satisfaction analysis methods", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2674, pp. 124-139, 2020. DOI: 10.1177/0361198120917972.
- [3] B. Sah, R. Gupta, and D. Bani-Hani, "Analysis of barriers to implement drone logistics", *International Journal of Logistics Research and Applications*, vol. 24, no. 6, pp. 531-550, 2021. DOI: 10.1080/13675567.2020.1782862.

- [4] C. Amchang, and S.-H. Song, “Locational preference of last mile delivery centres: A case study of Thailand parcel delivery industry”, *International Journal of Industrial Distribution & Business*, vol. 9, no. 3, pp. 7-17, 2018. DOI: 10.13106/ijidb.2018.vol9.no3.7.
- [5] J. Lemke, S. Iwan, and J. Korczak, “Usability of the parcel lockers from the customer perspective—the research in Polish Cities”, *Transportation Research Procedia*, vol. 16, pp. 272-287, 2016. DOI: 10.1016/j.trpro.2016.11.027.
- [6] J. R. van Duin, B. W. Wiegman, B. van Arem, and Y. van Amstel, “From home delivery to parcel lockers: A case study in Amsterdam”, *Transportation Research Procedia*, 46, pp. 37-44, 2020. DOI: 10.1016/j.trpro.2020.03.161.
- [7] K. T. Atanassov, “Intuitionistic fuzzy sets”, *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 20, no. 1, pp. 87-96, 1986. DOI: 10.1016/S0165-0114(86)80034-3.
- [8] L. A. Zadeh, “Fuzzy sets”, *Information and Control*, vol. 8, no. 3, pp. 338-353, 1965. DOI: 10.1016/S0019-9958(65)90241-X.
- [9] R. Titiyal, S. Bhattacharya, and J. J. Thakkar, “E-fulfillment performance evaluation for an e-tailer: A DANP approach”, *International Journal of Productivity and Performance Management*, vol. 69, no. 4, pp. 741-773, 2019. DOI: 10.1108/IJPPM-12-2018-0459.
- [10] S. B. Barbosa, M. G. G. Ferreira, E. M. Nickel, J. A. Cruz, F. A. Forcellini, J. Garcia, i ostali, “Multi-criteria analysis model to evaluate transport systems: An application in Florianópolis, Brazil”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 96, pp. 1-13, 2017. DOI: 10.1016/j.tra.2016.11.019.
- [11] S. H. Rao, “Transportation synthetic sustainability indices: A case of Taiwan intercity railway transport”, *Ecological Indicators*, vol. 127, article 107753, 2021. DOI: 10.1016/j.ecolind.2021.107753.
- [12] S. Moslem, O. Ghorbanzadeh, T. Blaschke, and S. Duleba, “Analysing stakeholder consensus for a sustainable transport development decision by the fuzzy AHP and interval AHP”, *Sustainability*, vol. 11, no. 12, article 3271, 2019. DOI: 10.3390/su11123271.
- [13] U. Lachapelle, M. Burke, A. Brotherton, and A. Leung, “Parcel locker systems in a car dominant city: Location, characterisation and potential impacts on city planning and consumer travel access”, *Journal of Transport Geography*, vol. 71, pp. 1-14, 2018. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2018.06.022.
- [14] X. Jiang, H. Wang, X. Guo, and X. Gong, “Using the FAHP, ISM, and MICMAC approaches to study the sustainability influencing factors of the last mile delivery of rural E-Commerce logistics”, *Sustainability*, vol. 11, no. 14, article 3937, 2019. DOI: 10.3390/su11143937.
- [15] Y. Wang, and Y. Shi, “Measuring the service quality of urban rail transit based on interval-valued intuitionistic fuzzy model”, *KSCE Journal of Civil Engineering*, vol. 24, pp. 647-656, 2020. DOI: 10.1007/s12205-019-0937-x.

Abstract: *Parcel lockers present an efficient solution for first- and last-mile delivery problems. They have a positive impact on the economic, environmental, and social sustainability of the parcel service industry. This paper proposes factors for locating parcel lockers. Performance Indicator and Expert Rating (PRICER) method is presented for determining key factors among them, based on the objective approach in importance assignment to experts. A survey of experts from academic society is conducted and findings show that key factors for locating parcel lockers recognized from their perspective are: service flexibility, population density, accessibility for drivers, safety, and investment costs.*

Keywords: *Parcel locker, Location factors, Multi-Criteria Decision-Making, PRICER, Postal Traffic*

KEY FACTORS FOR LOCATING PARCEL LOCKERS

Branka Dimitrijević, Vladimir Simić