

IZBOR TERETNOG VOZILA METODOM REDNOG PRIORITETA
ORDINAL PRIORITY APPROACH FOR SELECTING A HEAVY VEHICLE

Mladen Arsić, Pavle Pitka, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – SAOBRAĆAJNO INŽENJERSTVO

Kratak sadržaj – U ovom radu je formiran model za izbor novog teretnog vozila – tegljača. Model se zasniva na OPA metodi višekriterijumskog odlučivanja. OPA metoda je izabrana zbog jednostavnosti korišćenja i lakše primene u praksi.

Ključne reči: Odlučivanje, Teretno vozilo, Metoda rednog prioriteta.

Abstract – In this paper a model has been developed for the selection of a new heavy vehicle. The model is based on the OPA method. The OPA method was chosen because of its ease of use in practice.

Keywords: Making decisions, heavy vehicle, Ordinal Priority Approach.

1. UVOD

Funkcija teretnih vozila u lancu snadbevanja je veoma bitna, jer omogućava prevoz roba od proizvođača do potrošača, distributivnih centara i marketa. Ovaj proces osigurava da proizvodi budu lako dostupni na tržištu i da se održava neprekidan tok snadbevanja. Takođe teretna vozila doprinose povezanosti između različitih regija i gradova, omogućavajući dostavu robe čak i u udaljena ruralna područja. Ova povezanost doprinosi regionalnom razvoju i omogućava građanima pristup različitim proizvodima i uslugama.

Kupovina, troškovi održavanja i karakteristike eksploatacije teretnih vozila mogu znatno da utiču na efikasnost, produktivnost i sigurnost poslovanja transportnih preduzeća. Na tržištu se nalazi veliki broj proizvođača teretnih vozila koji nude vozila različitih tehničko eksploatacionih karakteristika i različitih pogonskih karakteristika. U zavisnosti od proizvođača variraju cene nabavke i održavanja novih vozila.

Veliki broj kriterijuma i alternativa pri izboru novog teretnog vozila formira složeni problem, tako da izbor optimalnog teretnog vozila predstavlja izazov za svako autotransportno preduzeće [1].

U okviru ovog rada biće formiran model za višekriterijumsko odlučivanje novog teretnog vozila kategorije tegljača. Zbog jednostavnosti kasnije primene modela u radu je korišćena metoda rednog prioriteta (Ordinal Priority Approach – OPA).

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Pavle Pitka, vanr. prof.

2. METODA REDNOG PRIORITETA

U ovom radu primijenjena je metodologija Ordinal Priority Approach koja pripada skupu subjektivnih modela i temelji se na određivanju težinskih koeficijenata na osnovu unapred definisanih rangova alternativa [1]. U ovom poglavlju će se kratko objasniti koraci originalnog OPA-a [2,3]. Prvo, skupovi, indeksi, promenljive i parametri u OPA su predstavljani u Tabeli 1.

Tabela 1. Skupovi, indeksi i promenljive za OPA

Skupovi	
I	Skup stručnjaka $\forall i \in I$
J	Skup kriterijuma $\forall j \in J$
K	Skup alternativa $\forall k \in K$
Indikatori	
i	Indikator stručnjaka $(1, \dots, p)$
j	Indikator preference kriterijuma $(1, \dots, n)$
k	Indikator alternativa $(1, \dots, m)$
Promenljive	
Z	Ciljna funkcija
W_{ijk}^k	Težina (važnost) k^{th} alternative na osnovu j^{th} kriterijuma od strane i^{th} stručnjaka k^{th} ranga
Parametri	
i	Rang stručnjaka i
j	Rang kriterijuma j
k	Rang alternativa k

Koraci OPA su predstavljani na sledeći način:

Korak 1: Određivanje kriterijuma: Donosilac odluke treba da identifikuje bitne kriterijume i podkriterijume.

Korak 2: Identifikacija i rangiranje stručnjaka: Ako postoji više od dva stručnjaka, onda je reč o grupnom donošenju odluka. U ovom koraku, stručnjaci trebaju da budu određeni, a njihov prioritet treba da bude utvrđen. Kako bi se odredio prioritet stručnjaka, mogu se uzeti u obzir godine iskustva ili akademska titula.

Korak 3: Rangiranje kriterijuma: U ovoj fazi, prioritet kriterijuma/podkriterijuma treba da bude pregledan od strane stručnjaka.

Korak 4: Rangiranje alternativa u svakom kriterijumu: U ovoj fazi, stručnjaci trebaju da odrede prioritete alternativa u svakom kriterijumu.

Korak 5: Rešavanje OPA modela radi pronalaska težina kriterijuma i rangiranje alternativa: Na osnovu prikupljenih podataka iz koraka 1 do 4, linearni model (1) treba da bude formiran. Ovaj model se može rešiti korišćenjem EXCEL, LINGO, GAMS, ili MATLAB. U ovom radu korišćen je EXCEL.

Max Z

S.t:

$$Z \leq i \left(j \left(k \left(W_{ijk}^k - W_{ijk}^{k+1} \right) \right) \right) \quad \forall i, j \text{ and } k$$

$$Z \leq ijmW_{ijk}^m \quad \forall i, j \text{ and } k \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m W_{ijk} = 1$$

$$W_{ijk} \geq 0 \quad \forall i, j \text{ and } k$$

Nakon rešavanja modela, težine za stručnjake, kriterijume i alternative mogu biti određene koristeći jednačine (2) do (4). Kako bi se odredile težine za alternative, treba koristiti jednačinu (2)

$$W_k = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n W_{ijk} \quad \forall k \quad (2)$$

Da bi se odredile težine kriterijuma, treba koristiti jednačinu (3).

$$W_j = \sum_{i=1}^p \sum_{k=1}^m W_{ijk} \quad \forall j \quad (3)$$

Da biste izračunali težine stručnjaka, trebali biste koristiti jednačinu (4).

$$W_i = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m W_{ijk} \quad \forall i \quad (4)$$

Za OPA metodu su potrebni jednostavni koraci za određivanje potrebnih težina bez pomoći drugih metoda.

Korak 6: Analiza osetljivosti: Procena stabilnosti rejtinga prioriteta i verifikacija efikasnosti predloženog modela.

3. TEORETSKI KONCEPT

3.1. Tehničke karakteristike vozila

Tehničke karakteristike vozila budućem korisniku pružaju neophodne informacije o dimenzijama, nosivosti i performansama vozila [4].

Ove karakteristike su ključne pri odabiru vozila jer utiču na tehničku sposobnost vozila za realizovanje određenih poslova, a posledično i na kvalitet prevozne usluge. Takođe ove karakteristike utiču i na ekonomske parametre poslovanja preduzeća, što povećava njihov značaj pri kupovini novog vozila.

Snaga motora

Snaga motora je jedan od važnih tehničkih podataka koji opisuje koliko snage ili energije motor može proizvesti. Snaga motora se obično izražava u kilovatima (kW) ili konjskim snagama (KS). Ova karakteristika utiče na performanse i sposobnost vozila da se kreće i obavlja određene zadatke.

Potrošnja goriva

Potrošnja goriva predstavlja količinu goriva koje vozilo iskoristi za obavljanje određenog transportnog rada. Ovaj parametar je bitan kriterijum prilikom kupovine vozila, jer ima direktan uticaj na troškove eksploatacije vozila. Na količinu potrošenog goriva utiču mnogi parametri kao što su: Vrsta goriva, Težina vozila, Aerodinamika i dr.

Zbog sve većeg značaja zaštite životne sredine, propisani su i standardi koji moraju da ispunjuju SUS motori, odnosno Euro motori. Euro norme označavaju standarde emisije štetnih izduvnih gasova koje vozila sa unutrašnjim sagorevanjem moraju ispunjavati kako bi bila prihvatljiva za korišćenje na teritoriji Evropske unije. Ovi standardi postavljaju ograničenja štetnih gasova kao što su ugljen dioksid, ugljen monoksid i ugljo vodonik koji su otrovni za čoveka i živi svet.

Vrste goriva

U našem regionu, kada je u pitanju izbor goriva za teška teretna vozila pre svega tegljače, prevoznici mogu da biraju između tradicionalnog dizel goriva i alternativnog prirodnog gasa (CNG). Odluka o izboru jednog od ova dva pogonska goriva zavisi od mnogo faktora, pre svega: ekonomskih, ekoloških i praktičnih (performanse, broj i rasporeda punionica, održavanje i sl.).

Komfor vozila

Pri kupovini tegljača, često se fokus na performansama i funkcionalnosti, ali komfor igra podjednako važnu ulogu, posebno ako se uzmu u obzir dugotrajne vožnje. Komfor u tegljačima može značajno uticati na produktivnost vozača, kao i na njegovu opštu dobrobit tokom vožnje. Karakteristike tegljača koje utiču na komfor jesu: sedišta, prostor u kabini, klimatizacija, zvučna izolacija, zaštita od sunca i insekata i dr.

3.2. Ekonomski parametri

Količina troškova koje generiše neko teretno vozilo tokom eksploatacionog perioda, a ne odnosi se na pogonsko gorivo, je od velikog značaja za rentabilnost poslovanja transportnog preduzeća, a to se pre svega odnosi na: cenu nabavke vozila i troškove održavanja.

Cena vozila

Cena vozila zavisi od dosta faktora. Najveći faktori koji utiču na cenu vozila jesu stanje vozila odnosno da li je vozilo novo ili polovno, tip vozila, marka, oprema koju sadrži i dr. Nova vozila imaju višu cenu u odnosu na polovna vozila istog modela. Cena novih vozila zavisi od proizvođača, modela i nivoa opreme. Polovna vozila mogu biti pristupačnija opcija i značajno varirati u ceni zavisno o stanju i starosti. Poznatiji proizvođači često imaju više cene. Takođe, različiti modeli unutar iste marke mogu varirati u ceni, u zavisnosti o tehničkih karakteristika i nivoa opreme. Cena vozila je važan faktor pri donošenju odluke o kupovini, i važno je izabrati vozilo koje najbolje odgovara potrebama i budžetu transportnog preduzeća.

Održavanje vozila

Održavanje vozila je veoma važno kako bi se osigurala raspoloživost vozila za eksploataciju i bezbedno

učestvovanje u saobraćaju, a takođe i produžio životni vek i pouzdanost vozila. Održavanje vozila obuhvata njegovo redovno servisiranje. Cena i kvalitet održavanja pre svega zavise od modela i marke vozila, gde poznatiji brendovi obično imaju skuplje usluge, ali i bolje snabdevenu i rasprostranjenu mrežu servisa. Ignorisanje održavanja može rezultirati povećanim troškovima i smanjenom efikasnošću vozila.

Rasprostavljenost mreže održavanja vozila odnosi se na dostupnost servisnih stanica širom određenog geografskog područja, države ili određene regije. Da bi mreža održavanja vozila bila što učinkovitija, servisni stanice treba da budu raspoređene na strateškim bitnim mestima kako bi bile pristupačnije većem broju korisnika.

Garancija predstavlja pravnu obavezu koju prodavac, odnosno proizvođač daje potrošaču u smislu obećanja da će vozilo ispunjavati određene zahteve u pogledu kvaliteta u određenom vremenskom periodu ili pređene kilometraže nakon kupovine. Dužina garancije obično se izražava u broju meseci ili godina. Garancija pruža potrošačima sigurnost i poverenje da u slučaju nekog kvara ili oštećenja na vozilu, biti zamenjeni ili ispravljeni od strane prodavca ili proizvođača.

3.3. Kredibilitet proizvođača

Kredibilitet proizvođača se može vrednovati sa dva kriterijuma: afirmisanost proizvođača na tržištu i prethodnih iskustva sa proizvođačem.

Afirmisanost proizvođača

Prvo na šta se obraća pažnja kada se razmatra kredibilitet teretnih vozila jeste proizvođač i marka. Poznati i ugledni proizvođači, poput: Volvoa, Mercedes-Benz, Scanie i Caterpillara, stekli su reputaciju kvalitetnih i pouzdanih vozila. Kupci i korisnici često biraju takve marke jer veruju u njihovu sposobnost i pouzdanost.

Prethodna iskustva korisnika

Iskustva korisnika i recenzije veoma bitno utiču u stvaranju kredibiliteta teretnih vozila. Pozitivna iskustva preduzeća i vozača doprinose poverenju u određenu marku ili model. Na osnovu pozitivnih prethodnih iskustava, transportna preduzeća često biraju da nabave nova vozila istog proizvođača, bez obzira na cenu ili tehničke nedostatke.

4. PRIMENA OPA

Predloženi MCDM problem primenjen je na scenario koji obuhvata izbor novog tegljača. Spisak mogućih alternativa je dat u tabeli 2. U koraku 1 identifikovana su tri glavna kriterijuma i osam podkriterijuma, kako je navedeno u tabeli 3. Za formiranje modela korišćena su iskustva tri eksperta iz transportnih preduzeća Unitrag doo i Milšped doo. Eksperti su rangirani na osnovu godina iskustva u oblasti transporta (tabela 4). U koraku 3, svaki od eksperata je rangirao kriterijume na osnovu iskustva (Tabela 5). U koraku 4, po svakom kriterijumu eksperti su rangirali alternative (Tabela 6).

MCDM problem je rešavan korišćenjem MS Excel softvera, a rezultati su prikazani u tabeli i grafički. Kao što je prikazano na Slici 1 i Tabeli 7, kriterijum C6

(troškovi održavanja i dužina garancije) dodeljena je najveća težina, dok su eksperti ocenili C4 (komfor vozila) kao najmanje relevantan. Shodno tome, A3 se pojavljuje kao najbolje, a A6 kao najlošije vozilo (slika2).

Tabela 2. *Alternative*

Oznaka	Marka, tip tegljača
A ₁	Scani, R500 Mega
A ₂	Scani, R500 Mega CNG
A ₃	Mercedes-Benz, Actros 1851 LS
A ₄	DAF, XG 480
A ₅	Iveco, S WAY 570
A ₆	Iveco, S WAY CNG

Tabela 3. *Relevantni kriterijumi za rangiranje tegljača*

Glavni kriterijumi	Pod-kriterijumi
MC ₁ – Tehničke karakteristike	C ₁ – Motor (snaga i zapremina) C ₂ – Vrsta pogonskog goriva C ₃ – Potrošnja goriva C ₄ – Komfor vozila
MC ₂ – Ekonomski parametri	C ₅ – Cena vozila C ₆ – Troškovi održavanja i dužina garancije
MC ₃ – Kredibilitet proizvođača	C ₇ – Afirmisanost proizvođača na tržištu C ₈ – Prethodna iskustva

Tabela 4. *Karakteristike i rangiranje eksperata*

Ekspert	God. iskustva u drum. transportu	Stručna sprema	Pozicija u firmi	RANG
E ₁	10	VSS	Komercijalista	3
E ₂	12	VSS	Direktor transporta	2
E ₃	18	VSS	Menadžer održavanja	1

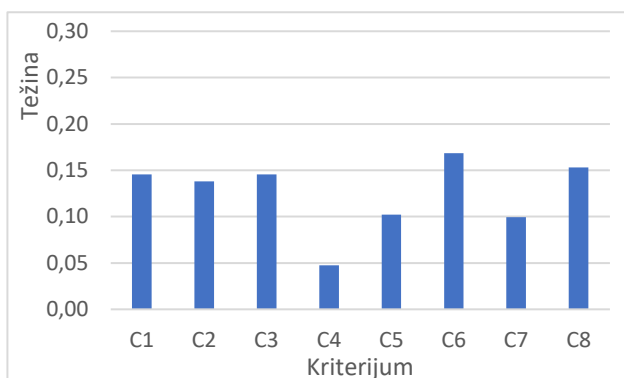
Tabela 5. *Rangiranje kriterijuma od strane stručnjaka*

Ekspert	Kriterijumi							
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
E ₁	4	1	1	4	3	1	1	2
E ₂	1	3	2	5	1	1	2	1
E ₃	1	1	1	3	2	1	2	1

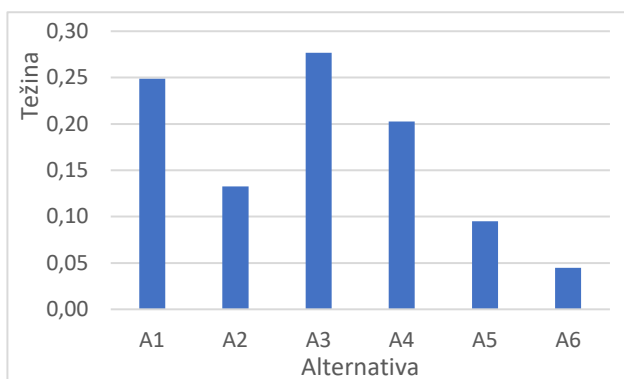
Tabela 6. *Stručna rangiranje alternativa na osnovu kriterijuma*

Ekspert	Alternative	Kriterijum							
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
E ₁	A ₁	4	4	4	5	3	2	4	5
	A ₂	6	6	6	6	6	1	5	6
	A ₃	3	3	3	3	1	3	3	3
	A ₄	1	1	1	1	2	4	1	1
	A ₅	2	2	2	2	4	6	2	2
	A ₆	5	5	5	4	5	5	6	4

E ₂	A ₁	2	2	2	1	3	2	1	2
	A ₂	3	5	6	3	6	1	3	3
	A ₃	1	1	1	2	1	3	2	1
	A ₄	4	3	3	4	2	4	4	4
	A ₅	5	4	4	5	4	6	5	5
	A ₆	6	6	5	6	5	5	6	6
E ₃	A ₁	3	1	2	1	3	2	2	1
	A ₂	4	5	6	2	6	1	4	5
	A ₃	2	2	1	3	1	3	1	2
	A ₄	1	3	3	4	2	4	3	3
	A ₅	5	4	4	5	4	6	5	4
	A ₆	6	6	5	6	5	5	6	6



Slika 1. Težine kriterijuma



Slika 2. Težine alternativa

Tabela 7. Konačni rangovi i težine stručnjaka, kriterijuma i alternativa

	Težina	Rang
Ekspert		
E1	0.163432	3
E2	0.254341	2
E3	0.582227	1
Kriterijum		
C1	0.145557	3
C2	0.137896	5
C3	0.145557	3
C4	0.047497	8
C5	0.102145	6
C6	0.168539	1
C7	0.099591	7
C8	0.153218	2

Alternative		
A1	0.248625	2
A2	0.132676	4
A3	0.276566	1
A4	0.202511	3
A5	0.094968	5
A6	0.044653	6

5. ZAKLJUČAK

Zbog velikog broja kriterijuma, izbor novog teretnog vozila predstavlja značajan problem za transportna preduzeća. Čovek pri odlučivanju bez pomoći naprednih sistema može da sagleda samo manji broj kriterijuma, zbog čega se odluke o kupovini novog vozila u transportnim preduzećima donose najčešće na osnovu par parametara i predašnjeg iskustva sa održenom markom vozila.

U ovom radu je formiran model za izbor novog teretnog vozila – tegljača. Model se zasniva na OPA metodi višekriterijumskog odlučivanja. OPA metoda je izabrana zbog jednostavnosti korišćenja, što bi u mnogome olakšalo kasniju primenu modela u praksi.

Rezultati modela kao najznačajnije kriterijume su istakli troškove održavanja i dužinu garancije, kao i prethodna iskustva sa markom vozila. Kao najbolja alternativa od ponuđenih primenom OPA metode dobijeno je vozilo Mercedes-Benz, Actros 1851 LS.

6. LITERATURA

- [1] Pitka, P., Kovačević, T., Simeunović, M., Simeunović, M., & Jović, A. (2023). *Estimation of transport service quality using an ordinal priority model*. In Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Transport.
- [2] Ataei Y, Mahmoudi A, Feylizadeh MR and Li DF (2020) *Ordinal priority approach (OPA) in multiple attribute decision-making*. Applied Soft Computing 86: 105893
- [3] Mahmoudi, A., Javed, S.A. (2023). *Strict and Weak Ordinal Relations for Estimating the Criteria Weights in Ordinal Priority Approach (OPA)*, MethodsX, 102389.
- [4] I Filipović, „*Motori i motorna vozila*“, Univerzitet u Tuzli, 2006.

Kratka biografija:



Mladen Arsić rođen je u Užicu 1996. god. Bachelor rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaj i transport odbranio je 2022.god. kontakt: amladen996@gmail.com



Pavle Pitka rođen je u Šašincima 1983. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2016. god., a od 2022. je u zvanju vanrednog profesora. Oblast interesovanja su sistemi javnog prevoza.