



## ANP PRISTUP U IZBORU NAKNADA ZA KORIŠĆENJE ŽELEZNIČKE MREŽE SRBIJE

## ANP APPROACH FOR SERBIAN RAILWAY ACCESS CHARGES CHOOSING

MIRJANA BUGARINOVIĆ

Saobraćajni fakultet, Beograd, [mirab@sf.bg.ac.rs](mailto:mirab@sf.bg.ac.rs)

BRANISLAV BOŠKOVIĆ

Saobraćajni fakultet, Beograd, [b.boskovic@sf.bg.ac.rs](mailto:b.boskovic@sf.bg.ac.rs)

BRANKA DIMITRIJEVIĆ

Saobraćajni fakultet, Beograd, [brankad@sf.bg.ac.rs](mailto:brankad@sf.bg.ac.rs)

**Rezime:** Prvu fazu u definisanju modela naknada za korišćenje železničke infrastrukture čini rešavanje problema izbora jednog od ekonomskih principa naknada. Princip naknada treba da zadovolji više različitih interesa u pogledu efikasnog korišćenja infrastrukture, politike razvoja železničkog tržišta i uticaja okruženja. U tu svrhu potrebno je definisati kriterijume, relacije između njih i vrednovati ih u odnosu na različite interese glavnih aktera: države, upravljača infrastrukture i operatore. U ovom radu je primenjen ANP metod kao pristup u rešavanju postavljenog problema. Razvijeni model je prikazan na primeru železničke mreže Srbije.

**Ključne reči:** ANP metoda, višekriterijumski pristup, princip naknada, železnička infrastruktura

**Abstract:** The first step in definition of an access charges model for the use of railway infrastructure is to choose an access charges principle. The access charges principle should meet different interests regarding the efficient use of infrastructure, policy of railway market development and environmental influence. For that purpose, it is necessary to define criteria and relationships between them, as well as to evaluate them with regard to different interests of the main stakeholders: government, infrastructure manager and operators. In this paper, ANP method has been applied as an approach to solving a defined problem. The developed model has been tested on an example of Serbian railway network.

**Keywords:** ANP method, multicriteria approach, access charges, railway infrastructure

## 1. UVOD

Naknade za korišćenje železničke infrastrukture predstavljaju jedan od elemenata uspostavljanja i funkcionisanja železničkog tržišta. Ideja o uspostavljanju konkurencije na železničkom tržištu, koja treba da podstakne stvaranje efikasnih i konkurentnih železničkih transportne usluge i efikasno korišćenje i razvoj železničke infrastrukture, u fokus stavlja izbor modela naknada za korišćenje železničke infrastrukture. Za njega je zainteresovano više aktera sa različitim interesima: država (DZ), upravljač infrastrukture (UI) i železnički operatori (OP).

Za državu, naknada je instrument za ispunjenje strateških transportnih ciljeva koji su definisani kao: povećanje učešća i konkurentnosti železnice na transportnom tržištu, otvaranje železničkog tržišta, stvaranje konkurencije na železničkoj infrastrukturi, usmeravanje UI na komercijalni pristup u poslovanju, smanjenje subvencija i dr. Za upravljača infrastrukture naknada predstavlja prihod. To su sredstva koja se, zajedno sa drugim izvorima finansiranja, koriste za pokrivanje troškova regulisanja saobraćaja, održavanja, obnovu i investicije u železničku infrastrukturu i za povećanje kvaliteta usluga. Konačno, naknada predstavlja trošak za železničke operatore odnosno važan element u formiranju cena za usluge transporta koje pruža krajnjem korisniku.

Definisanje modela naknade za korišćenje železničke infrastrukture se deli na problem definisanja ekonomskog principa na kome će biti bazirane naknade, i problem definisanja strukture i visine naknada. Izbor principa naknade je polazište za model strukture naknada. Posle deset godina od uvođenja direktive EU koja se odnosi na naknade za korišćenje železničke infrastrukture [1] pitanje izbora ekonomskog principa za definisanje modela naknada je i dalje, ne samo aktuelno i značajno već je i nedovoljno istraženo. Izvestan broj radova je posvećen razvoju modela za određivanje strukture naknade na osnovu unapred usvojenih principa [2,3,4], ili pregledu i analizi efekata primene pojedinih principa naknade u izabranim zemljama EU [4,5,6], dok problem izbora principa naknada nijedan rad ne tretira eksplicitno.

Imajući u vidu različite aktere na transportnom tržištu, kao i različite interese koje žele da ostvare, u ovom radu izbor ekonomskog principa naknada za korišćenje železničke infrastrukture predstavljen je kao problem višekriterijumskog odlučivanja tj. izbora jednog od već poznatih principa naknada. U tu svrhu korišćena je ANP metoda (Analytic Network Process) [7,8] i ceo pristup demonstriran je na primeru železničke mreže Srbije.

Železničko transportno tržište Srbije danas nije otvoreno i tranzitni teretni saobraćaj čini najveći deo usluga. Železnička mreža Srbije okružena je mrežama Madarske, Bugarske, Rumunije, koje imaju otvoreno tržište i Hrvatske, Bosne i Hercegovine, Makedonije i Crne Gore,

koje nemaju otvoreno tržište, ali koje vrše pripreme za otvaranje. Srbiji predstoji otvaranje tržišta s obzirom na proces evropskih integracija i njegovu dinamiku. Imajući u vidu i zahteve koji potiču od stanja u železničkom sektoru Srbije usvojena je strategija postepenog otvaranja tržišta (POT).

## 2. IZBOR PRINCIPA NAKNADA - ANP PRISTUP

Definisanje modela izbora principa naknada primenom ANP (u daljem tekstu ANP model), može se pratiti kroz 3 osnovna koraka:

- definisanje elemenata modela i formiranje strukture modela (klastera i relacija),
- određivanje preferencija elemenata modela u skladu sa strategijom POT,
- primena algoritma analitičkog mrežnog procesa (formiranje supermatrica) i dobijanje ranga.

Elemente ANP modela čine principi naknada i kriterijumi. Na osnovu analize podataka o dosadašnjoj primeni principa naknada za korišćenje železničke infrastrukture, kao i preporuke CEMT [6], izdvojeno je pet principa naknada. Oni su grupisani u klaster alternativa (A). To su principi naknada bazirani na:

- A1- marginalnim troškovima (MC),
- A2- marginalnim troškovima uvećanim za dodatak - *mark up* (MC+),
- A3- marginalnim troškovima uvećanim za dodatak - *mark up* definisan na Ramsey principu (MC+ Ramsey),
- A4- ukupnim finansijskim troškovima umanjnim za subvencije iz budžeta (FC-),
- A5 - ukupnim finansijskim troškovima (FC).

Pregledom literature o primeni principa naknada i određivanju pojedinih komponenti naknada [2,3,4, 5,6,10,11,12] kao i na osnovu ankete, izdvojeno je 7 kriterijuma. Anketa je sprovedena među 30 donosilaca odluke u železničkom sektoru Srbije, razvrstanih u tri grupe: upravljači infrastrukture (10), država (10) i operatori (10).

Generisani kriterijumi se, u skladu sa uticajem na ostvarivanje efikasnog korišćenja infrastrukture, politike razvoja tržišta i uticaja okruženja, mogu grupisati u tri klastera: C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> i C<sub>3</sub>.

Klasteru C<sub>1</sub>, koji predstavlja aspekt politike razvoja tržišta, pripadaju kriterijumi:

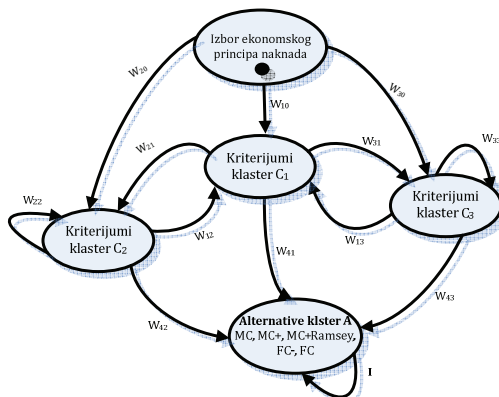
- e<sub>11</sub> – strategija države u pogledu davanja subvencija železnici,
  - e<sub>12</sub> – investiciona politika za železničku infrastrukturu
- Klasteru C<sub>2</sub>, efikasno korišćenje mreže, pripadaju kriterijumi:
- e<sub>21</sub> – kompleksnost železničke mreže,
  - e<sub>22</sub> – produktivnost UI i OP,
  - e<sub>23</sub> – stepen iskorišćenja kapaciteta infrastrukture.

Klasteru C<sub>3</sub>, koji predstavlja uticaje okruženja, pripadaju kriterijumi:

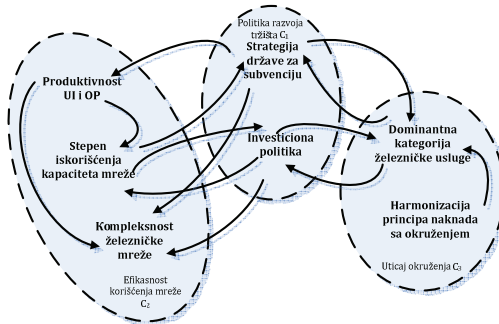
- e<sub>31</sub> – dominantna(e) kategorija železničkih transportnih usluga,

- e<sub>32</sub> – harmonizacija principa naknada u regionu.

Definisanje strukture problema je osnovni korak u organizovanju, predstavljanju i rešavanju problema [13,14]. Struktura razvijenog ANP modela predstavljena je na slici 1, a relacije između kriterijuma na slici 2.



Slika 1: Struktura modela izbora ekonomskog principa naknada



Slika 2: Relacije između kriterijuma

Karakteristike ANP metode koje su je učinile pogodnom za rešavanje problema izbora principa naknada su:

- Omogućava da odvojene analize ekonomskih principa, troškova, stanja mreže, okruženja, itd., budu sistematizovane u jedan okvir-mrežu.
- Uzima u obzir međuzavisnosti između elemenata u okviru i van klastera i različite relacije odnosno distribuciju uticaja između elemenata što je upravo prisutno kao karakteristika izbora principa naknada.
- Omogućava korišćenje iskustva eksperata u odlučivanju što je važna prednost u uslovima nedostatka i nedostupnosti podataka. Svoje procene u poređenju prioriteta parova elemenata izražavaju na Saaty-jevju skali [9].

## 3. IZBOR PRINCIPA NAKNADA NA PRIMERU ŽELEZNIČKE MREŽE SRBIJE

Predstavljeni model, kriterijumi i principi naknada vrednovani su od strane tri grupe donosilaca odluke, za strategiju POT, i dobijena rešenja se posmatraju

nezavisno. Sopstveni vektori prioriteta za sve elemente supermatrica su dobijeni na osnovu prosečnih vrednosti ocena preferenci. Primenom softverskog paketa SuperDecisions Software 2.0.8 dobijene su vrednosti prioriteta za sve elemente i klasteru u modelu. Ilustracije radi, nadalje su prikazane prosečne ocene značajnosti pojedinih elemenata i klastera dobijene od strane predstavnika grupe upravljača infrastrukture.

U Tabeli 1. date su ocene značajnosti klastera po parovima i njihovi prioriteta u odnosu na cilj.

**Tabela 1:** Ocena značajnosti i prioriteta klastera u odnosu na cilj

Princip naknade	C1	C2	C3	Prioritet
C1	0	1/3	5	0.279
C2		0	7	0.649
C3			0	0.072
Stepen konzistentnosti				C.P.=0.0624

Primer vrednovanja značajnosti između elemenata dva klastera je dat u tabeli 2. Produktivnost UI i OP (e<sub>22</sub>) je, za predstavnike UI, 5 puta važnija nego kompleksnost mreže (e<sub>21</sub>) u odnosu na strategiju države u pogledu davanja subvencija (e<sub>11</sub>). OP koga odlikuje veća produktivnost sposoban je da plati veći obuhvat troškova infrastrukture izražen preko principa naknada. Država indirektno može da smanji visinu subvencije.

**Tabela 2:** Ocena značajnosti između elemenata klastera C<sub>2</sub> u odnosu na kriterijum „subvencije“

Subvencija	e22	e21	Prioritet	
e22	0	5	0.833	
e21		0	0.167	
Stepen konzistentnosti				C.P.=0.000

Poređenje svih pet principa naknada u odnosu na produktivnost UI i OP je dato u tabeli 3, a sintetizovani rezultati ocenjivanja predstavnika UI su prikazani u osnovnoj supermatrici prioriteta (Tabela 4).

**Tabela 3:** Ocena značajnosti principa naknada u odnosu na produktivnost UI i OP

Produktivnost	A1	A2	A3	A4	A5	Prioritet	
A1	0	4	3	5	7	0.489	
A2		0	1/2	3	5	0.167	
A3			0	3	4	0.220	
A4				0	2	0.077	
A5					0	0.047	
Stepen konzistentnosti							C.P.=0.0390

**Tabela 4:** Osnovna super matrica

Grupa donosilaca odluke	Kriterijum/Princip naknada	Preferencije i ocene					Stepen konzistentnosti					
		Preferencija	Ocene	Preferencija	Ocene	Preferencija	Ocene	Preferencija	Ocene	Preferencija	Ocene	
Grupa donosilaca odluke	1. Produktivnost	0.489										
	2. Komplexnost	0.072	0.750	0.107	0.250							
	3. Poduzetništvo i OP	0.028		0.200								
	4. Cene usluga	0.178	0.143		0.714							
	5. Poduzetništvo	0.083	0.000	1.000								
Klasteri	1. MC	0.000	0.000	0.070	0.400	0.400	0.000	0.000				
	2. MC+	0.221	0.000	0.220	0.167	0.269	0.070	0.000				
	3. MC+Ramsey	0.788	0.000	0.214	0.250	0.393	0.221	0.000				
	4. FC	0.000	0.000	0.143	0.070	0.070	0.143	0.000				
	5. FC+	0.221	0.000	0.070	0.000	0.000	0.221	0.000				

Nakon ocene preferenci između klastera i dobijenih prioriteta, izračunavaju se "otežana" i granična supermatrica. Prva kolona u graničnoj supermatrici (Tabela 5) predstavlja konačni vektor prioriteta tj. težine za sve elemente definisane strukture. Dobijeni prioriteta principa naknada prikazani su u tabeli 6.

**Tabela 5:** Granična supermatrica

Princip naknade	Principi	Preferencije i ocene					Stepen konzistentnosti					
		Principi	Ocene	Preferencije	Ocene	Preferencije	Ocene	Preferencije	Ocene	Preferencije	Ocene	
Principi	1. Produktivnost	0.489										
	2. Komplexnost	0.072	0.750	0.107	0.250							
	3. Poduzetništvo i OP	0.028		0.200								
	4. Cene usluga	0.178	0.143		0.714							
	5. Poduzetništvo	0.083	0.000	1.000								
Klasteri	1. MC	0.000	0.000	0.070	0.400	0.400	0.000	0.000				
	2. MC+	0.221	0.000	0.220	0.167	0.269	0.070	0.000				
	3. MC+Ramsey	0.788	0.000	0.214	0.250	0.393	0.221	0.000				
	4. FC	0.000	0.000	0.143	0.070	0.070	0.143	0.000				
	5. FC+	0.221	0.000	0.070	0.000	0.000	0.221	0.000				

**Tabela 6:** Prioriteti principa naknada

Princip naknada	Grafik	Rezultati		Rang
		(1)	(2)	
A1	[Bar chart]	0.688	0.236	2
A2	[Bar chart]	0.507	0.174	3
A3	[Bar chart]	1.000	0.343	1
A4	[Bar chart]	0.463	0.159	4
A5	[Bar chart]	0.257	0.088	5

Za predstavnike UI, prvi po rangju je princip naknada MC+Ramsey. Sledeći je MC čija je vrednost prioriteta, ako se za referentnu usvoji ona koja odgovara principu MC+Ramsey, za 31% manja od te vrednosti (kolona (1) u tabeli 6). Ovakav redosled prioriteta principa naknada pokazuje sklonost UI ka naknadama koje će prvenstveno podsticati povećanje efikasnosti korišćenja mreže i dalji razvoj dominantne usluge, a to je posledica izabrane strategije POT i male kompleksnosti mreže.

Treći na listi prioriteta je princip naknada MC+. Njegova pozicija je uslovljena činjenicom da UI ne vodi evidenciju o podacima potrebnim za određivanje mark up-a. Sa budućim sistemskim vođenjem i praćenjem troškova prema mestu nastanka, ovaj princip će biti interesantniji za UI. Na dnu liste prioriteta se nalaze principi naknada FC- i FC. Dakle, prema predstavnicima UI, sve dok većina aktera na tržištu ne bude u mogućnosti da komercijalno posluje, primena ova dva principa je najmanje pogodna.

U tabeli 7 prikazane su normalizovane vrednosti vektora prioriteta principa naknada za svaku od grupa donosilaca odluka (UI, DZ i OP). Poređenje ovih rezultata ukazuje na postojanje razlika, ali i sličnosti u njihovim interesima.

**Tabela 7:** Prioriteti principa naknada za pojedine grupe donosilaca odluke

Princip naknade	UI	DZ	OP
A1	0.236	0.144	0.294
A2	0.174	0.265	0.277
A3	0.343	0.233	0.185
A4	0.159	0.155	0.133
A5	0.088	0.204	0.113

Njihovi interesi se mogu protumačiti na sledeći način:

- Upravljač infrastrukture (UI) želi prvenstveno da podstiče korišćenje infrastrukture. U tim uslovima prioritet je dat principima MC+ Ramsey i MC koji su po svojim karakteristikama orijentisani prema zahtevima operatora i karakteristikama dominantnih usluga.
- Država (DZ) želi da smanji subvencionisanje i da otvori tržište. Usled nepostojanja više operatora i konkurencije na mreži ili nepostojanja strategije razvoja tržišta, naknade bazirane na principu MC+ i MC+ Ramsey su pogodno u početnim fazama otvaranja tržišta.
- Primarni interes OP je da bude konkurentan na transportnom tržištu. Definisane naknade na principu, MC ili MC+, upravo podržava takav pristup. Takođe, na železničkoj infrastrukturi Srbije trenutno saobraća samo tzv. "istorijski" operator i na ocenu značajnosti i redosled principa je uticalo i poznavanja domaćeg tržišta i njegova strategija da izdrži početnu konkurenciju.

#### 4. ZAKLJUČAK

Naknade predstavljaju jedan od elemenata uspostavljanja i funkcionisanja železničkog tržišta. Na osnovu pregleda literature koja se odnosi na naknade za korišćenje železničke infrastrukture uočeno je da problemu izbora ekonomskog principa naknada do sada nije posvećena dovoljna pažnja. U ovom radu autori su predložili ANP model za izbor principa naknada. Sprovedeno je strukturiranje kompleksnog problema izbora principa naknada na elemente koji su upravljivi, omogućeno je poređenje više različitih elemenata (kriterijuma i interesnih grupa) po parovima uz merenje konzistentnosti preferencija.

Elementi modela su ocenjeni od strane svih glavnih aktera u železničkom sektoru (UI, OP, DZ). Sa ocenjivanjem prioriteta principa naknada od strane različitih grupa eksperata obezbeđuje se podrška kasnijem procesu definisanja strukture i visine naknada.

Model je moguće proširiti sa istovremenim obuhvatom interesa glavnih aktera u železničkom sektoru, definisanjem i uspostavljanjem međusobne zavisnosti sa ostalim elementima modela što predstavlja jedan od budućih pravaca istraživanja.

#### LITERATURA

- [1] Directive 2001/14/EC of the European Parliament and of the Council of 26 February 2001 on the

allocation of railway infrastructure capacity and the levying of charges for the use of railway infrastructure and safety certification, *Official Journal of the European Communities*, Brussels, 2001

- [2] Bugarinovic, M. and Boskovic, B., "Marginal cost as principle for set up of rail infrastructure Access Charges", in *Proceedings of Scientific - expert conference on railways "RAILCON'08"*, Serbia, 2008, Sven, Nis, 243-246
- [3] Nikolova C., "User charges for the railway infrastructure in Bulgaria", *Transportation research Part A*, 42 (2008), 487-502
- [4] Thompson, L., "Railway Access charges in the EU: Current status and development since 2004", *Charges for the Use of Rail Infrastructure 2008*, OECD/ITF
- [5] Calvo F., Ona D.J., "Are rail charges connected to costs? ", *Journal of Transport Geography* 22 (2012) 28-33
- [6] CEMT., *Railway Reform and Charges for the Use of Infrastructure*, OECD Publishing, Paris, 2005
- [7] Saaty, T.L., *Decision making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*, 1<sup>st</sup> ed., RWS Publications, Pittsburgh, PA, 1996
- [8] Saaty, T.L. and Vargas, L.G., "Diagnosis with dependent symptoms: Bayes theorem and The Analytic Hierarchy Process", *Operations Research*, 46 (4) (1998) 491-502.
- [9] Saaty, T.L., *Decision making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*, 2<sup>nd</sup> ed., RWS Publications, Pittsburgh, PA, 2001
- [10] Bernardino J., Hrebicek Z., Marques C., Applying social marginal cost pricing in rail PPPs: Present state, drawbacks and ways forward, *Research in Transportation Economics*, 30 (2010) 59-73.
- [11] Loiyides J., Tsionas G.E., "Productivity growth in European railways: a new approach", *Transportation research Part A* 36 (2002) 633-644
- [12] Link, H., "Rail infrastructure charging and on-track competition in Germany", *International Journal of Transport Management* 2 (2004) 17-27
- [13] Saaty, T.L., *Theory and Applications of the Analytic Network Process*, RWS Publication, Pittsburgh, USA, 2009
- [14] Saaty, T.L. and Shih, H., "Structures in decision making: On the subjective geometry of hierarchies and networks", *European Journal of Operational research*, 199 (2) (2009) 867-872.