

Model za određivanje dinamičkih prioriteta železničkih infrastrukturnih projekata

MILAN S. MILOSAVLJEVIĆ, Visoka železnička škola
strukovnih studija, Beograd
DRAGANA V. MACURA, Univerzitet u Beogradu,
Saobraćajni fakultet, Beograd
NIKOLA LJ. KNEŽEVIĆ, Univerzitet u Beogradu,
Saobraćajni fakultet, Beograd
NEBOJŠA J. BOJOVIĆ, Univerzitet u Beogradu,
Saobraćajni fakultet, Beograd

Prethodno saopštenje
UDC: 656.2(497.11)
DOI: 10.5937/tehnika1803401M

Železnički infrastrukturni projekti su veoma značajni za ekonomski i socijalni razvoj jedne zemlje. Značajnost projekta se menja tokom vremena i zato je važno odlučiti koji projekat će biti prihvaćen u dinamičkom okruženju. To je težak i delikatan zadatak koji je značajan za uspeh kompanije na tržištu. U ovom radu predstavljen je model zasnovan na Analitičkom hijerarhijskom procesu sa dinamičkim prioritetima. Model se sastoji od tri glavna klastera, a to su: projekti, kriterijumi, i relevantni eksterni projekti. Cilj rada je evaluacija železničkih infrastrukturnih projekata primenom višekriterijumske analize. Posebna pažnja posvećena je uticaju relevantnih eksternih projekata na alternative u određenim vremenskim periodima u budućnosti. Model je testiran u realnim uslovima i prema podacima sa mreže pruga Železnica Srbije.

Ključne reči: prioritizacija železničkih projekata, dinamički prioriteti, AHP

1. UVOD

Projektima se može upravljati kroz statički i dinamički pristup. Osnovna razlika je u tome što se kod dinamičkih pristupa u razmatranje uzima vreme, kao dodatni faktor, koji utiče na konačnu prioritizaciju projekata i finalnu preporuku donosiocu odluke. U ovom radu razvijen je model koji definiše prioritetne projekte primenom višekriterijumskog pristupa AHP (Analytic Hierarchy Process – Analitički hijerarhijski proces) sa dinamičkim prioritetima. Ovaj modifikovani pristup predstavlja proširenje AHP metode, odnosno može se reći da je to zapravo AHP metoda sa dinamičkim prioritetima. Model je testiran na primeru železničkih infrastrukturnih projekata koji se odnose na železničku mrežu Republike Srbije.

Rad je organizovan na sledeći način. Nakon Uvoda, u drugom poglavlju prikazan je kratak pregled rele-

vantne literature. Pristupi za upravljanje projektima, statički i dinamički, predstavljeni su u poglavljima tri i četiri, respektivno. U petom poglavlju prikazani su elementi modela. U šestom poglavlju predstavljen je razvijen model i dobijeni rezultati. Poslednje poglavlje posvećeno je zaključnim razmatranjima.

2. PREGLED LITERATURE

U ovom poglavlju prikazan je kraći pregled relevantnih radova u kojima se primenjivao dinamički AHP pristup. Iako postoji određen broj radova u kojima se analiziraju dinamički prioriteti u kombinaciji sa primenom AHP metode, relativno mali broj njih je koristio dinamičke prioritete za rešavanje problema iz oblasti saobraćaja.

Dinamički pristup za opisivanje rizika koji nastaje u mega projektima opisan je i predstavljen kroz rad [1]. Autori rada [2] bavili su se evaluacijom železničkih infrastrukturnih projekata na primeru Železnica Srbije, pri čemu su koristili dva pristupa, statički i dinamički (AHP i DHP).

Nedostaci u transportnom sistemu u Istanbulu doveli su lokalne vlasti da planiraju nekoliko alternativnih transportnih projekata. Izbor najpovoljnijeg

Adresa autora: Milan Milosavljević, Visoka železnička škola strukovnih studija, Beograd, Zdravka Čelara 14

e-mail: mimilan89@gmail.com

Rad primljen: 04.05.2018.

Rad prihvaćen: 28.05.2018.

projekta utvrđen je primenom AHP metode. Na osnovu ove analize, donosioci odluka su razvili novu alternativu kao kombinaciju dve najuspešnije i najbolje alternative koje se nalaze na postojećoj mreži [3].

Autori [4] predložili su nov višekriterijumski pristup za rešavanje problema tako što su unificirali kriterijume, a samu realizaciju projekata tokom vremena su posmatrali kao dinamičku promenljivu. Pristup su predstavili na primeru transportnih infrastrukturnih projekata.

3. ANALITIČKI HIJERARHIJSKI PROCES

Analitički hijerarhijski proces [5] je jedna od najpoznatijih i najčešće korišćenih metoda za višekriterijumsko donošenje odluka, koja se zasniva na proceni entiteta po parovima. Primenjuje se u analizi odlučivanja i donošenju odluka u rešavanju kompleksnih problema čije elemente čine: ciljevi, kriterijumi, podkriterijumi i alternative.

AHP je pristup koji se zasniva na dekomponovanju problema u hijerarhiju. Elementi ove hijerarhijske strukture su sledeći: cilj, kriterijumi i alternative. Cilj se nalazi u nultom, najvišem vrhu arhitekture. Prvi nivo ispod cilja sadrži kriterijume na osnovu kojih se rangiraju alternative. Poslednji nivo sadrži alternative. Hijerarhija ne mora da bude kompletna. Na primer, element na nekom nivou ne mora da bude kriterijum za sve elemente u podnivou, tako da se hijerarhija može podeliti na podhijerarhije kojima je zajednički jedino element na vrhu hijerarhije.

Prvi korak je definisanje cilja, kriterijuma i alternativa. Zatim se vrši poređenje kriterijuma po parovima u odnosu na cilj i alternativa po parovima u odnosu na svaki kriterijum. Za poređenje dva elementa hijerarhije koristi se Satijeva skala, koja omogućava donosiocima odluke da svoje znanje prenesu u model i intuitivnim putem [6]. Satijeva skala se može predstaviti na sledeći način:

$$A = \left\{ \frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 \right\} \quad (1)$$

Rezultati poređenja elemenata na datom nivou hijerarhije smeštaju se u odgovarajuće matrice poređenja.

Nakon poređenja po parovima na svim hijerarhijskim nivoima vrši se sinteza svih vrednovanja kako bi se dobili konačni težinski koeficijenti, a na osnovu toga i rang alternativa u odnosu na cilj.

4. DINAMIČKI PRIORITETI

Do nedavno, AHP je bio samo statički pristup, koji je koristio skalu 1-9 da bi predstavio prioritete. Ono što je često potrebno u praksi jeste da AHP pristup načinimo dinamičkim pristupom. Dakle, cilj je proširenje AHP - a, da bi mogao da se nosi sa vremenski zavisnim

prioritetima. Thomas Saaty razvio je ovaj modifikovani pristup [7] i nazvao ga DHP.

Vremenski zavisno odlučivanje koje nazivamo dinamičko odlučivanje je nešto što nam je često neophodno u praksi. Neke alternative u modelu mogu evoluirati tokom vremena zajedno sa našim preferencijama za njih. Dinamičko odlučivanje je realnost, a ne komplikovana ideju koju treba ignorisati.

Tipičan oblik matrice odlučivanja u dinamičkom okruženju se može predstaviti kao [8]:

$$A(t) = \begin{bmatrix} a_{11}(t) & a_{12}(t) & \cdots & a_{1n}(t) \\ a_{21}(t) & a_{22}(t) & \cdots & a_{2n}(t) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1}(t) & a_{n2}(t) & \cdots & a_{nn}(t) \end{bmatrix} \quad (2)$$

pri čemu je:

$$a_{ij} > 0, a_{ji}(t) = a_{ij}^{-1}(t).$$

U diskretnom slučaju, kada je $A(t)$ konzistentno, važi $a_{ij}(t) = w_i(t)/w_j(t)$.

U slučaju postojanja tri faktora primenjuje se matrica 3x3 sa dinamičkim koeficijentima. Način određivanja težinskih vektora dobijenih na osnovu ove matrice i njihova grafička interpretacija u vremenu predstavljeni su u [7]. U zavisnosti od broja eksternih faktora koji su zavisni od vremena, odnosno u zavisnosti od broja mogućih scenarija primenjuju se već definisane formule.

$$A(t) = \begin{bmatrix} 1 & a(t) & b(t) \\ \frac{1}{a(t)} & 1 & c(t) \\ \frac{1}{b(t)} & \frac{1}{c(t)} & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$a(t) = 0.1 + t^3; b(t) = 1 + 2t^2; c(t) = 1 + \frac{1}{2}e^t \quad (4)$$

Sledeći korak je crtanje krivih težinskih koeficijenata. Vektori $w_1(t), w_2(t), w_3(t)$ su predstavljeni u obliku funkcija, tj. krive predstavljene na graficima su predstavljene kao funkcije [7].

5. ELEMENTI MODELA ZA RANGIRANJE INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

Model se sastoji od tri povezane celine, a sačinjavaju ga: alternative, kriterijumi, i relevantni eksterni faktori. Jedna od najbitnijih karakteristika modela su dinamički prioriteta koji predstavljaju promenu prioriteta infrastrukturnih projekata u vremenu, odnosno pokazuje kako će vreme uticati na određene infrastrukturne projekte u koje želimo investirati. Model možemo posmatrati kao da je podeljen u dva dela, statički i dinamički deo. Statički deo se odnosi na poređenje projekata u odnosu na kriterijume, čiji je značaj nepromenljiv u vremenu, a dinamički deo se odnosi na poređenje projekata u odnosu na relevantne eksterne projekte, čiji je značaj promenljiv u jedinici vremena.

U radu je korišćeno sedam kriterijuma, koji predstavljaju statički deo modela i to su:

- K_1 – Uklanjanje specifičnih uskih grla i ostalih kritičnih tačaka,
- K_2 – Pобољшanje funkcionalnosti i bolja povezanost,
- K_3 – Broj stanovnika na koje utiče projekat,
- K_4 – Troškovi/Efikasnost,
- K_5 – Razvoj tržišta (stopa nezaposlenosti),
- K_6 – EIRR – Ekonomska izvodljivost, interna stopa povrata,
- K_7 – Postojanost projektne dokumentacije.

Na osnovu datih kriterijuma i alternativa, napravljena je matrica poređenja kriterijuma, pri čemu je definisano da li je kriterijum „Benefit“ (cilj maksimiziranje vrednosti) ili „Cost“ (cilj minimiziranje vrednosti) tipa. Alternative u radu predstavljaju železničke infrastrukturne projekte na području Srbije i predstavljeni su tabelom 1. Razmatrane alternative

Tabela 2. Vrednosti kriterijuma prema alternativama

	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7
A ₁	1	2	2	4,28	2	12,56	Da
A ₂	1	1	2	7,53	1	17,01	Da
A ₃	1	1	2	3,08	2	13,15	Ne
A ₄	1	2	1	8,88	1	14,83	Delimično
A ₅	1	2	1	6,59	1	17,35	Ne
A ₆	1	1	2	4,99	1	6,68	Delimično
A ₇	1	1	2	8,07	1	8,60	Da
A ₈	1	3	2	19,00	2	19,56	Da
A ₉	0	3	3	3,15	2	7,37	Da
	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>min</i>	<i>min</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>max</i>

Dinamički deo modela predstavljaju relevantni eksterni projekti koji će uticati u nekoj meri na konačan rang alternativa i izbor najpogodnije u koju je potrebno investirati.

Ovi eksterni projekti predstavljaju kriterijum koji je u zavisnosti od vremena, tj. promenljiv tokom vremena. Postoji veliki broj eksternih projekata koji mogu uticati na dati problem železničkih infrastrukturnih projekata, a za potrebe ovog modela izabrana su sledeća tri:

- P_1 - Privatizacija luke Bar - predstavlja jedan od najznačajnijih projekata koji će imati direktan uticaj na obim prevoza teretnog saobraćaja u Srbiji. Projekat bi trebao biti završen tokom 2018. godine.
- P_2 - Kontejnerski terminal u Makišu - sa ovim projektom čiji je završetak planiran do 2020. godine, kontejnerski transport bi se značajnije razvio, sa tokovima robe koji bi bili znatno povećani.

predstavljaju deonice pruge u koje je potrebno investirati i to su pretežno deonice pruge koje su od najvećeg značaja i čijom bi realizacijom u mnogome poboljšali postojeći železnički saobraćaj.

Tabela 1. Alternative

Alternativa	Projekat
A ₁	Beli Potok - Pančevo
A ₂	Stara Pazova - HU granica
A ₃	Stara Pazova - CRO granica
A ₄	Rakovica - Velika Plana
A ₅	Resnik – Trupale
A ₆	Sićevo - BUG granica
A ₇	Doljevac - MK granica
A ₈	Resnik - ME granica
A ₉	Pančevo - RO granica

- P_3 - Autoput ka Crnoj Gori - još jedan značaj projekat za Srbiju čijom bi se realizacijom poboljšao kvalitet usluge prevoza robe i putnika i smanjilo u mnogome vreme putovanja na ovoj deonici. Završetak ovog projekta najavljen je za 2022. godinu.

6. REZULTATI MODELA I DISKUSIJA

U ovom poglavlju biće predstavljena metodologija i postupci izrade modela, koji se sastoji iz dva dela, statičkog i dinamičkog. Kroz diskusiju ovo poglavlje takođe daje odgovor na pitanje koja je alternativa najdominantnija.

Statički deo modela

Prvi, statički, deo modela urađen je primenom AHP metode, pomoću softvera Super Decision. U svim matricama poređenja parova ispunjen je uslov konzistentnosti, odnosno ni u jednoj matrici vrednost indeksa konzistentnosti ne prelazi 0,1.

Tabela 3. Matrica težinskih koeficijenata dobijenih AHP metodom

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	Težinski koeficijenti
	0,25447	0,09068	0,05751	0,30850	0,04068	0,06161	0,18655	
A ₁	0,12195	0,06974	0,08302	0,16784	0,03448	0,15932	0,17649	0,13805
A ₂	0,12195	0,18251	0,08302	0,04128	0,17241	0,03072	0,20861	0,11291
A ₃	0,12195	0,18251	0,08302	0,34774	0,03448	0,07042	0,01417	0,16802
A ₄	0,12195	0,06974	0,23480	0,02037	0,17241	0,04189	0,16193	0,09695
A ₅	0,12195	0,06974	0,23480	0,05702	0,17241	0,01978	0,01630	0,07972
A ₆	0,12195	0,18251	0,08302	0,10339	0,17241	0,33703	0,05304	0,12193
A ₇	0,12195	0,18251	0,08302	0,02856	0,17241	0,20055	0,12315	0,10351
A ₈	0,12195	0,03037	0,08302	0,01387	0,03448	0,01409	0,12315	0,06808
A ₉	0,02439	0,03037	0,03228	0,21994	0,03448	0,12621	0,12315	0,11082
Σ	1	1	1	1	1	1	1	1

U tabeli 3 prikazana je matrica težinskih koeficijenata alternativa na osnovu izabranih kriterijuma.

Na osnovu tabele može se zaključiti da je kriterijum K₄ „Troškovi/Efikasnost“, najznačajniji, odnosno on ima najveću vrednost, dok najmanji značaj ima kriterijum K₅ „Razvoj tržišta“. Najbolje rangirana alternativa je A₃ „Stara Pazova-CRO granica“.

Dinamički deo modela

Pretpostavili smo da postoje tri eksterna projekta, P₁, P₂ i P₃, čijom realizacijom se znatno utiče na rangiranje razmatranih infrastrukturnih projekata. Ovi projekti se realizuju u narednom periodu, i to u roku od naredne četiri godine: 2018, 2020. i 2022. godine. U tabeli 4 prikazane su matrice poređenja parova za ova tri vremenska perioda (t₁, t₂, t₃) [7].

Tabela 4. Matrice poređenja parova za eksterne projekte

	2018			2020			2022		
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₁	P ₂	P ₃	P ₁	P ₂	P ₃
P ₁	1	3	7	1	2	5	1	1	1
P ₂	1/3	1	5	1/2	1	4	1	1	1
P ₃	1/7	1/5	1	1/5	1/4	1	1	1	1

Prethodnu tabelu 4 možemo predstaviti i na drugačiji način, putem jednačina pravih koje se menjaju u vremenu, od trenutka t₁=0 za 2018. godinu, zatim t₂=2 za 2020. godinu, i na kraju za t₃=4 za 2022. godinu (tabela 5).

Tabela 5. Dinamički prioriteti za posmatrane eksterne projekte

	P ₁	P ₂	P ₃
P ₁	1	3-0,5x(R ² =1)	7,333-1,5x (R ² =0,964)
P ₂		1	5,333-x (R ² =0,923)
P ₃			1

Vrednosti R² u tabeli pokazuju koliko se jednačina poklapa sa odgovarajućom funkcijom, i što je vrednost bliža jedinici to je poklapanje veće.

Na osnovu prethodne tabele možemo utvrditi da je ovaj problem predstavljen u vidu matrice 3x3 pa se iz tog razloga koriste sledeće formule za dobijanje težinskih vektora [7]:

$$\lambda_{max} = \left(\frac{a_{13}}{a_{12}a_{23}} \right)^{\frac{1}{3}} + (a_{12}a_{23}/a_{13})^{1/3} + 1 \quad (5)$$

$$\Delta = a_{12}a_{23} + a_{13}(\lambda_{max} - 1) \quad (6)$$

$$D = a_{12}a_{23} + a_{13}(\lambda_{max} - 1) + (\lambda_{max} - 1)a_{23} + \left(\frac{a_{13}}{a_{12}} \right) - 1 + (1 - \lambda_{max})^2 \quad (7)$$

$$w_1 = \frac{\Delta}{D} \quad (8)$$

$$w_2 = \frac{(\lambda_{max}-1)a_{23}+(a_{13}/a_{12})}{D} \quad (9)$$

$$w_3 = \frac{-1+(1-\lambda_{max})^2}{D} \quad (10)$$

Gde su:

a₁₂, a₁₃, a₂₃ - vremenske jednačine iz tabele 5,

λ_{max} - maksimalna sopstvena vrednost matrice poređenja,

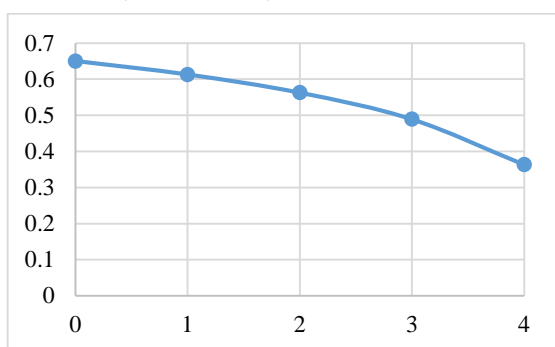
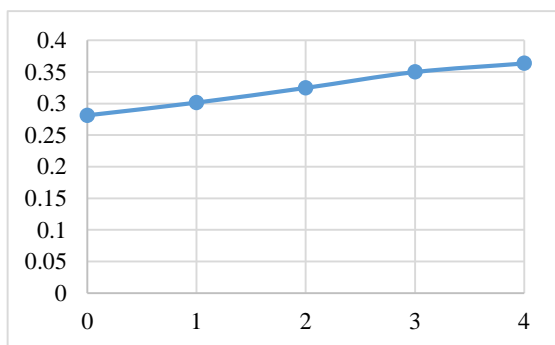
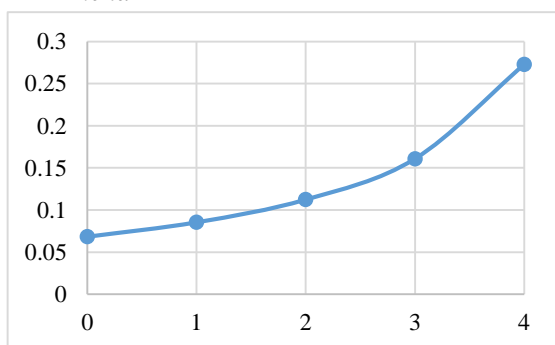
w₁, w₂ i w₃ - težine relevantnih eksternih projekata P₁, P₂ i P₃.

Rešavanjem dinamičkih jednačina za sve vremenske periode dobijamo vrednosti težinskih koeficijenata kriterijuma koje su predstavljene u tabeli 6.

Tabela 6. Vrednosti težinskih koeficijenata u određenim vremenskim intervalima

	$t_1=0$	$t_2=2$	$t_3=4$
w_1	0,650418	0,562708	0,363612
w_2	0,281195	0,324797	0,363612
w_3	0,068387	0,112496	0,272777

Promena vrednosti težinskih koeficijenata eksternih projekata tokom vremena prikazana je na sledećim slikama (1-3). Primetno je da vrednost kriterijuma w_1 opada tokom vremena, dok vrednosti težinskih koeficijenata kriterijuma w_2 i w_3 rastu.

Slika 1 - Promena težinskog koeficijenta w_1 tokom vremenaSlika 2 - Promena težinskog koeficijenta w_2 tokom vremenaSlika 3 - Promena težinskog koeficijenta w_3 tokom vremena

Nakon određivanja značajnosti svakog eksternog projekta za posmatrani period vremena od 2018. do 2022. godine, potrebno je putem AHP metode izvršiti rangiranje alternativa prema eksternim projektima, a

zatim te dobijene vrednosti „otežati” vrednostima w_1 , w_2 i w_3 za svaki vremenski period t_1 , t_2 i t_3 .

Konačan rang alternativa, odnosno vrednosti težinskih koeficijenata računaju se na osnovu statičkog, w_{k_j} , i dinamičkog dela modela, $w_{e_{m,t}}$.

Pretpostavićemo da statički deo modela ima težinu 0,65, a dinamički deo modela ima težinu 0,35 za ceo model. Konačne vrednosti težinskih koeficijenata alternativa u modelu dobijaju se na osnovu sledeće jednačine i prikazane su u tabeli 7 [2]:

$$w_{A_i,t} = 0,65w_{k_j} + 0,35w_{e_{m,t}} \quad (11)$$

Pri čemu je:

$w_{A_i,t}$ – težina i -te alternative u periodu t ,

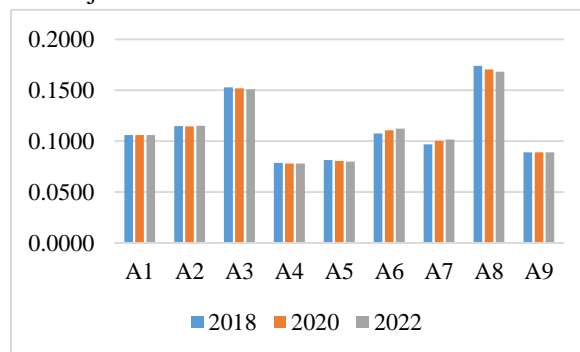
w_{k_j} – težina alternative na osnovu skupa kriterijuma dobijena statičkim pristupom u modelu,

$w_{e_{i,t}}$ – težina alternative na osnovu eksternih projekata dobijena dinamičkim pristupom u modelu.

Tabela 7. Konačni rezultati modela kroz vremenske periode

	t_1	t_2	t_3
A1	0,1060	0,1057	0,1058
A2	0,1147	0,1143	0,1149
A3	0,1526	0,1517	0,1508
A4	0,0784	0,0780	0,0779
A5	0,0815	0,0803	0,0798
A6	0,1074	0,1107	0,1122
A7	0,0968	0,1001	0,1015
A8	0,1738	0,1712	0,1682
A9	0,0887	0,0889	0,0890

Konačan rang alternativa predstavljen je na slici 4. Kao što se može primetiti na osnovu datog grafikona ne postoje velika odstupanja u vrednostima težinskih koeficijenata alternativa tokom vremena.



Slika 4 - Konačan rang alternative kroz vremenske periode

Posmatrajući alternative u svim vremenskim periodima može se videti da je alternativa A_8 najdominantnija u odnosu na ostale, zatim sledi alternativa A_3 , dok je najlošija alternativa A_4 . Iako je alternativa

A_8 najdominantnija, tokom perioda vremena njena dominantnost opada, što je slučaj i kod A_3 i A_5 . Alternativa A_6 i A_7 postaju sve dominantnije tokom vremena, dok je za alternative A_1 , A_2 , A_4 i A_9 , primetna neznatna promena u dominantnosti.

Na osnovu grafika takođe možemo zaključiti da se relativna važnost alternativa u ovom modelu ne menja značajno sa promenom vremena. Ipak, tokom vremena, neke od alternativa postaju manje ili više značajne.

7. ZAKLJUČAK

Više kriterijumska analiza je jedan od najkorišćenijih alata za vrednovanje infrastrukturnih projekata. Izbor najpovoljnije alternative od svih posmatranih je jako kompleksan zadatak koji zavisi od velikog broja parametara i na donosiocima odluke je da procene u koji projekat je potrebno ulagati a koji odbaciti. Mogućnosti projekta se menjaju tokom vremena, i izuzetno je važno odlučiti koji projekat će biti prihvaćen za realizaciju a koji će biti odbijen, jer pogrešna odluka može dovesti do velikih novčanih gubitaka.

Model predstavljen u ovom radu obuhvata promene u okruženju koje mogu nastati u toku vremena, odnosno sagledava uticaj tih promena na posmatrane alternative. Na ovaj način određene su ne samo konačne težine alternativa tokom vremena, već i promena važnosti eksternih kriterijuma tokom vremena. Na osnovu AHP metode i dinamičkog hijerarhijskog procesa, date su konačne vrednosti težinskih koeficijenata alternativa kroz vremenske periode.

Prednosti ovog modela ogledaju se u njegovoj raznovrsnoj primeni i lakoj modifikaciji na ostale probleme slične tematike. Takođe model je moguće modifikovati za rešavanje problema na koji utiče veći broj eksternih faktora (projekata).

Budući razvoj ovog modela može se ogledati u detaljnijoj analizi kriterijuma i eksternih projekata koji

utiču na alternative. Takođe može se uključiti veći broj eksperata i relevantnih zaposlenih iz privrede koji bi u mnogome pomogli prilikom izrade matrica poređenja parova, čime bi se uticalo u određenoj meri na konačno rešenje.

LITERATURA

- [1] Boateng P, Chen Z, Ogunlana S, Ikediashi D, A system dynamics approach to risks description in megaprojects development, *Organization, Technology and Management in Construction*, Vol. 4, No. 3, pp. 593-603, 2012.
- [2] Macura D, Šelmić M, Railway projects evaluation with dynamic priorities - Serbia Case Study, *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 7(1), 2015.
- [3] Gercek H, Karpak B, Kilincaslan T, A multiple criteria approach for the evaluation of the rail transit networks in Istanbul, *Transportation*, Vol. 31, Issue 2, pp. 203-228, 2004.
- [4] Tsamboulas D, Yiotis G, Mikroudis G, A method for multi-criteria analysis in transportation infrastructure investments, *International Journal of Transport Economics*, Vol. 34, No. 1. pp. 113-131, 2007.
- [5] Saaty, T, *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*, RWS Publications. 2007.
- [6] Dimitrijević B, *Višeatributno odlučivanje - primene u saobraćaju i transportu, elektronsko izdanje*, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2017.
- [7] Saaty T, Time dependent decision-making; dynamic priorities in the AHP/ANP: Generalizing from points to functions and from real to complex variables, *Mathematical and Computer Modelling*, Vol. 46, Issues 7-8, pp. 860-891, 2007.

SUMMARY

DYNAMIC MULTI-CRITERIA DECISION MAKING MODEL FOR PRIORITIZATION OF RAILWAY INFRASTRUCTURE PROJECTS

Rail infrastructure projects are very important for economic and social development of one country. The significance of the project changes over time and it is necessary to decide which project should be accepted in dynamic environment. This is very difficult and delicate task, but crucial for company's success in the market. In this paper, authors presented model based on Analytical Hierarchy Process approach with dynamic priorities. This model consists of three main clusters: projects, criteria, and relevant external projects. The aim of the paper is an evaluation of railway infrastructure projects with application of multi-criteria decision making method. Special attention is committed to the influence of relevant external projects on alternatives in certain time periods in the future. The model is tested on real data from the Serbian Railway Network.

Key words: railway projects prioritization, dynamic priorities, AHP.