

**Dr. sc. Siniša Vilke**  
**Dr.sc. Hrvoje Baričević**  
**Livia Maglić, dipl.ing.**  
Sveučilište u Rijeci  
Pomorski fakultet u Rijeci  
Studentska 2  
51000 Rijeka - Hrvatska  
e-mail: [svilke@pfri.hr](mailto:svilke@pfri.hr)

## **KRITERIJI ZA VREDNOVANJE KOPNENE PROMETNE TRASE**

### **1. UVOD**

Prema suvremenom pristupu projektiranja kopnene prometne infrastrukture, osnovna pretpostavka za izradu generalnog projekta odgovarajuće prometne trase je analiza i elaboriranje planskih dokumenata i informacija o prostoru na osnovu prometnih studija. Tako se kod samog izbora kopnene prometne trase mogu determinirati sljedeće faze:

1. Definiranje projektnog zadatka generalnog projekta.
2. Determiniranje osnova za projektiranje infrastrukturne trase.
3. Determiniranje i projektiranje realnih varijantnih rješenja trase.
4. Vrednovanje pojedinih varijantnih rješenja i izbor optimalne prometne trase.
5. Priprema daljnje dokumentacijske osnove za izradu idejnog projekta.

Predmet istraživanja ovoga rada je definiranje modela za odabir trase željezničke pruge i ceste koji obuhvaća kriterije i potkriterije za vrednovanje. Cilj rada je postavljanje kriterija za odabir trase željezničke pruge i ceste te njihovo ocjenjivanje i vrednovanje metodom anketnog istraživanja.

Izbor kriterija odlučivanja za odabir kopnene prometne trase složen je i osjetljiv proces s obzirom da konačna odluka ovisi o svrsi i mogućnosti vrednovanja plana. Također, utvrđivanje vrijednosnih mjerila zahtjeva posebnu pažnju s obzirom da sve izlazne vrijednosti treba svesti na zajedničku mjernu veličinu.

U znanstvenoj i stručnoj literaturi je dosad objavljeno više radova vezanih uz kriterije za odabir cestovne ili željezničke prometne trase međutim u ovome radu će se primjenom metode anketiranja stručnjaka prikupiti značajni podaci za ocjenjivanje i vrednovanje varijantnih rješenja željezničkih pruga i cesta koji se mogu koristiti za optimizaciju kopnenih prometnih trasa.

### **2. DEFINIRANJE MODELA ZA ODABIR KOPNENE PROMETNE TRASE**

Pored izbora pojedinih kriterija, nužno je jasno utvrditi njihovo vrijednosno mjerilo koje može biti kvantitativno ili kvalitativno. U procesu odlučivanja o odabiru kopnene prometne trase utječu brojni kriteriji, koji se ističu različitom važnošću. Tako su pojedini kriteriji mjerljivi s poznatim podacima za vrednovanje, dok se drugi teže „izmjere“ te je dobivanje odgovarajućih vrijednosti složeno.

Prilikom analize i odabira optimalnog prometnog rješenja do sada je bila prisutna tendencija da se u procesu prometnog planiranja i odlučivanja apsolutna prednost davala

ekonomskom kriteriju.[3] Takva su rješenja u većini slučajeva zanemarivala izvjesne jednako značajne kriterije od kojih su neki obuhvaćeni u ekonomskoj kategoriji (primjerice, cijeni prijevozne usluge), ali neki i nisu. Tako su bile uobičajene analiza troškova i dobiti od izgradnje određenih prometnih infrastrukturnih objekata, analiza cijene prijevozne usluge, pregled dosadašnjih investicijskih ulaganja, planovi i procjene budućih ulaganja u prometnu infrastrukturu, i dr. Pored toga izrađivale su se i posebne studije u kojima su se određena prometna rješenja posebno vrednovala prema raznim drugim kriterijima, kao što su kvalitativni kriteriji (posebne studije o utjecaju na okoliš), socijalni kriteriji, i dr.

Međutim, za mogućnost sveobuhvatne valorizacije pojedinih rješenja, nameće se pristup koji uzima u obzir istodobni utjecaj više različitih kriterija. Pristup koji podrazumijeva izbor optimalnog rješenja u odnosu na istodobni utjecaj više različitih kriterija osiguran je postupkom višekriterijskog rangiranja varijanti.

S vremenom, sukladno porastu zahtjeva i potreba korisnika prometne usluge, pojedini kriteriji kao što su kvalitativni kriteriji dobivaju sve značajniju ulogu u procesu prometnog planiranja i odlučivanja. Također, na važnosti dobivaju i razni drugi kriteriji koji se još značajnije implementiraju kroz razne standarde i zahtjeve zajednice kao što je primjerice, ekološki kriterij. Očuvanje okoliša danas je općenito jedan od najvažnijih elemenata uređenja prostora, budući da održivi razvitak pored toga što donosi čitav niz koristi, u konačnosti omogućuje kvalitetniji život u čovjekovu okruženju.

Jedan od načina za argumentirani izbor kriterija u prometnom planiranju je provođenje anketa s onim subjektima koji su neposredno upoznati i susreću se sa zahtjevima korisnika prijevoznih usluga na analiziranom području.

Za potrebe odabira trase željezničke pruge ili ceste i primjenu metode višekriterijske analize izvršen je odabir kriterija i potkriterija sukladno dobivenim informacijama od strane eksperata iz područja prometnog planiranja i projektiranja te istraživanja domaće i strane znanstvene literature a koji se u odabiru optimalne kopnene prometne trase ističu kao najvažniji.

### **3. UTVRĐIVANJE KRITERIJA I POTKRITERIJA ZA VREDNOVANJE KOPNE NE PROMETNE TRASE**

Kriteriji za vrednovanje kopnene prometne trase mogu se podijeliti prema više različitih načina. Najznačajniji način je onaj koji pravi razliku između varijanti vrednovanja kriterija, u odnosu na koje se razlikuju dvije skupine kriterija:

- skupina kriterija koji su vrednovani na osnovu konkretnih, egzaktnih i kvantitativno izraženih podataka, i
- skupina kriterija koji se vrednuju prema subjektivnoj ocjeni istraživača za koje se pretpostavlja i zahtijeva da dovoljno poznaje problematiku i kriterije koje će ocjenjivati.

Model odabira željezničke trase i model odabira cestovne trase kao i usporedni kriteriji za vrednovanje prikazani u tablici 1. Iz tablice se uočava da se utvrđeni modeli za odabir željezničke i cestovne trase razlikuju samo u postavljenom kriteriju troškova investicija te u načinu vrednovanja vremena putovanja.

Tablica 1. Kriteriji i potkriteriji za odabir trase željezničke pruge / ceste

<i>Kriterij</i>		<i>Potkriterij</i>	
K1	<i>Troškovi investicija</i>	pk1	Troškovi izgradnje željezničke/cestovne infrastrukture
		pk2	Troškovi izgradnje željezničke suprastrukture
K2	<i>Troškovi eksploatacije</i>	pk3	Troškovi održavanja
		pk4	Troškovi upravljanja
K3	<i>Vrijeme izgradnje</i>	pk5	Vrijeme izgradnje kritičnih objekata
		pk6	Etapna izvodivost
K4	<i>Prostorno - urbanistički utjecaj</i>	pk7	Uklapanje u postojeće pravce željezničke/cestovne mreže
		pk8	Uklapanje u druge prometne sustave
		pk9	Odstupanje trase od zračne linije
		pk10	Očuvanje prostornih cjelina i zauzimanje površina
		pk11	Položaj trase na objektima
		pk12	Utjecaj na turizam
		pk13	Ograničenja u prostoru
		pk14	Duljina trase
K5	<i>Prometni i građevinsko-tehnički kriteriji</i>	pk15	Pouzdanost i brzina prometa
		pk16	Sigurnost prometa
		pk17	Geologija i seizmologija zemljišta
		pk18	Propusna sposobnost
K6	<i>Ekološka prihvatljivost</i>	pk19	Utjecaj buke
		pk20	Utjecaj vibracija
		pk21	Onečišćenje vode i tla
		pk22	Utjecaj na krajobraz
K7	<i>Vrijeme putovanja</i>	pk23	Vrijeme putovanja teretnih vlakova (željeznica) / komercijalnih vozila (cesta)
		pk24	Vrijeme putovanja putničkih vlakova (željeznica) / osobnih vozila (cesta)
K8	<i>Koristi za razvojni potencijal</i>	pk25	Razvoj gospodarstva regije
		pk26	Utjecaj na širu društvenu zajednicu

Izvor: Izradili autori.

Kriteriji za vrednovanje trase željezničke pruge i ceste podijeljeni su u osam tematskih skupina. Svaki od utvrđenih kriterija rastavljen je nadalje na manje složene komponente odnosno potkriterije. To je zbog toga da se omogući kvalitetniji pristup postupka višekriterijskog rangiranja varijanti ali i mogućnosti analize rezultata kao i donošenja zaključaka o pojedinim indikatorima vrednovanju pojedinih prometnih trasa

Za definiranje kriterija i potkriterija za vrednovanje korišteni su izvori domaće i strane stručne i znanstvene literature [1, 2, 4] te je u tu svrhu od ožujka do svibnja 2012. godine provedeno anketno istraživanje koje je obuhvatilo stručnjake čija su znanja, iskustvo ili djelatnost vezani za prostorno planiranje i projektiranje kopnene prometne infrastrukture.

#### **4. SADRŽAJ, CILJEVI I METODE ISTRAŽIVANJA**

Jedan od preuvjeta za primjenu postupaka višekriterijske analize je određivanje kombinacija odabranih kriterija, težinskih koeficijenata odnosno važnosti kriterija i kriterijske funkcije čijim se promjenama može uočiti njihov utjecaj na izbor optimalne varijante. Utvrđivanjem važnosti kriterija odnosno preferencija uzimaju se u obzir želje i namjere donositelja odluke.

U postupku vrednovanja različitih kriterija za odabir kopnene prometne trase pojavljuje se niz metodoloških problema, među kojima se ističu:

- suprotnost pojedinih kriterija (npr. minimalne ekološke posljedice uz maksimalnu brzinu putovanja, maksimalna zaštita prostornih cjelina uz minimalne troškove izgradnje, i dr.),
- hijerarhijski poredak ciljeva i kriterija koji se dodatno izražava relativnom važnošću svakog od navedenih kriterija,
- mogućnost numeričkog vrednovanja kriterija.

Važnost ciljeva i kriterija ovisi o njihovim nosiocima. Tako za zajednicu može biti važnije da se postigne manji obim ulaganja nego da se očuvaju prirodne cjeline. Također, težinski koeficijenti kriterija značajno zavise od ranga prometnice, prostornih značajki područja i vremena u kojem se odluka donosi.

Prema raznovrsnosti kriterija u odnosu na mogućnosti numeričkog definiranja postoje kvantitativni i kvalitativni kriteriji. Tako postoje kriteriji koji se izražavaju novčanim jedinicama (npr. troškovi izgradnje, održavanja i dr.) i koji mogu biti neposredno uključeni u ekonomsku analizu. Druga vrsta kvantitativnih kriterija ne može se izraziti novčanim jedinicama (npr. povećanje razine buke i vibracija) ali se može preračunati brojčani pokazatelj. Kvalitativni kriteriji ne mogu se kvantificirati, nego postoji mogućnost kvalitativne usporedbe varijanti (npr. utjecaj na krajobraz). Kod takvih kriterija varijantna rješenja se vrednuju na osnovi subjektivnih ocjena.

Anketnim upitnikom zatraženo je od eksperata da odrede važnost ponuđenih skupina kriterija i odgovarajućih potkriterija u ocjenjivanju izbora trase željezničke pruge ili ceste. Kriteriji su se ocjenjivali sukladno mišljenju eksperata na ljestvici od 1 – 10, gdje je ocjena 1 dodijeljena odgovarajućem kriteriju za koji se smatra da je potpuno nevažan (nerelevantan), a ocjena 10 predstavlja mišljenje da je odgovarajući kriterij od iznimne važnosti za vrednovanje trase kopnene prometnice. Svaka pojedina tematska skupina kriterija te svaki odgovarajući potkriterij ocjenjeni su posebno za odabir trase željezničke pruge a posebno za izbor trase ceste. Pored determiniranja važnosti pojedinih kriterija anketni upitnik obuhvaćao je i mogućnost izbora odnosno postavljanja odgovarajućeg kriterija.

Podaci su se prikupljali putem on-line anketnog upitnika koji je ciljano obuhvatio veći broj eksperata različitih područja povezanih s predmetnom tematikom. Anketni upitnik je sastavljen od općih informacija i 3 tematske cjeline, koje se mogu grupirati na sljedeći način:

- osobni podaci,
- ocjenjivanje pojedinačnih potkriterija,
- ocjenjivanje tematskih skupina kriterija,

- nadopuna i vrednovanje kriterija.

Anketirani su stručnjaci koji imaju iskustvo i znanje u svezi predmeta istraživanja odnosno planiranja i projektiranja kopnene prometne infrastrukture. Eksperti su link za anketni upitnik primili elektronskom poštom na svoju mail adresu. Podaci prikupljeni anketnim upitnikom omogućili su izradu općeg modela za odabir trase željezničke pruge i ceste.

Cilj anketnog istraživanja je utvrditi kriterije i potkriterije relevantne za izbor trase kopnene prometnice, ocijeniti odnosno vrednovati definirane kriterije i potkriterije te predložiti druge kriterije ili potkriterije sukladno znanju i iskustvu eksperata.

Anketno istraživanje je provedeno u travnju i svibnju 2012. godine a link za upitnik je dostavljen na 126 e-mail adresa. Upitnik je bio anonimnog karaktera a za uzorak su obuhvaćeni eksperti zaposleni u državnoj i lokalnoj upravi i samoupravi, na sveučilištu i znanstvenim institucijama te u specijaliziranim tvrtkama odnosno stručnjaci koji su svojim znanjem, iskustvom i djelovanjem povezani sa planiranjem i projektiranjem kopnenih prometnica, kako željeznica tako i cesta.

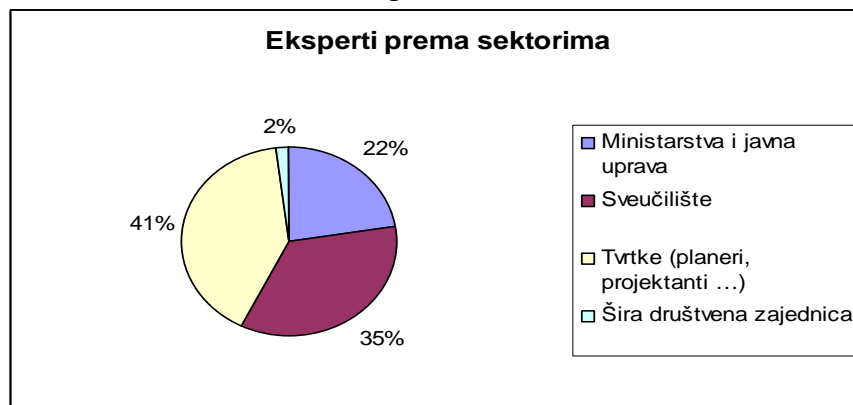
## 5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Prikaz rezultata ispitivanja može se podijeliti u 6 dijelova, od kojih se svaki odnosi na posebna poglavlja ispitivanja, i to:

1. osobni podaci ispitanika,
2. ocjenjivanje i vrednovanje pojedinih potkriterija za odabir trase željezničke pruge grupiranih u osam tematskih cjelina,
3. ocjenjivanje i vrednovanje pojedinih potkriterija za odabir trase ceste grupiranih u osam tematskih cjelina,
4. ocjenjivanje i vrednovanje pojedinih skupina kriterija za odabir trase željezničke pruge,
5. ocjenjivanje i vrednovanje pojedinih skupina kriterija za odabir trase ceste,
6. prijedlog i nadopuna kriterija za odabir trase željezničke pruge i ceste.

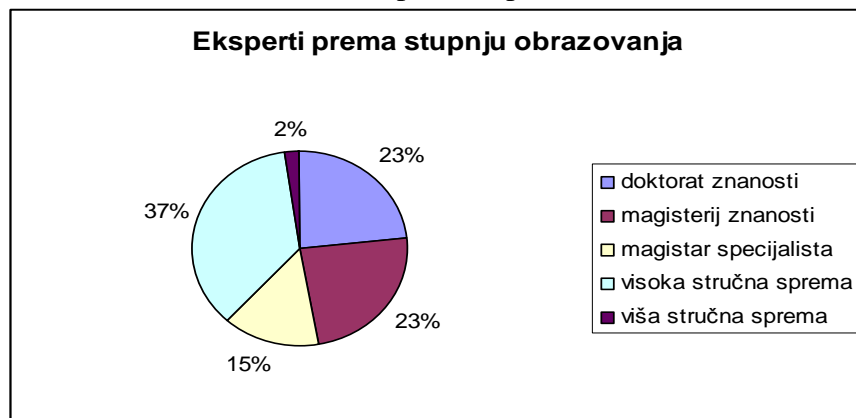
Od 126 eksperata kojima je poslana e-mail adresa sa linkom za anketni upitnik, na anketu se odazvalo njih 46, odnosno postotak odaziva je 36,5%, što predstavlja reprezentativni uzorak.

Grafikon 1. Prikaz sektora eksperata



Izvor: Izradili autori.

Grafikon 2. Struktura stručne spreme ispitanika



Izvor: Izradili autori.

Prema vrsti sektora kojoj pripadaju ispitanici prednjače tvrtke koje su prvenstveno orijentirane planiranju i projektiranju prometnih rješenja sa udjelom od 41% u ukupnom broju odgovora dok je sa znanstvenih institucija i sveučilišta dobiveno 17 odgovora. Što se tiče stupnja obrazovanja ispitanika njih 17 (udio od 37%) posjeduje visoku stručnu spremu dok je 11 odgovora prikupljeno od eksperata sa doktoratom i magisterijem znanosti.

Važnosti (težinski koeficijenti) potkriterija unutar određene tematske skupine kriterija međusobno se uspoređuju a normaliziraju se na način da ukupni mogući zbroj unutar svake grupe kriterija iznosi 100%. Također, važnosti pojedinih tematskih skupina kriterija su normalizirani tako da njihov zbroj iznosi 100%.

Dobivene ocjene pojedinih potkriterija putem anketnog upitnika unesene su u formulu za izračunavanje važnosti kriterija:<sup>1</sup>

$$w_j = \frac{\sum_{k=1}^n w_{jk}}{\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n w_{jk}}; \quad (1)$$

iz čega slijedi:

$$w_j = \frac{\rho_{jk}}{\sum_{j=1}^m \rho_{jk}}, \quad (2)$$

gdje je:

- $n$  – ukupan broj eksperata,
- $m$  – ukupan broj potkriterija unutar tematske skupine kriterija ili ukupan broj tematskih skupina kriterija,
- $\rho_{jk}$  – ocjena k-tog eksperta za j-ti kriterij,
- $w_{jk}$  – važnost izračunata za j-ti potkriterij (ili tematsku skupinu kriterija) k-tog eksperta,
- $w_j$  – važnost izračunata za j-ti kriterij (ili tematsku skupinu kriterija).

<sup>1</sup> Kod unosa težinskih koeficijenata pojedinih potkriterija i tematskih skupina kriterija u računalne programe za višekriterijsko rangiranje varijanti (na pr. D-sight 3.2.4.) njihove vrijednosti se normaliziraju. Tako, ako se unose ocjene sa bodovne skale od 1 do 10 normalizacijom se navedene ocjene svode na vrijednosti čiji zbroj unutar svake skupine iznosi 100.

Primjenom navedenih formula izračunati su težinski koeficijenti za svaki pojedini potkriterij odnosno težinski koeficijenti za svaku pojedinu tematsku skupinu kriterija.

### 5.1. Analiza rezultata kriterija i potkriterija za odabir trase željezničke pruge

U tablici 2. prikazane su aritmetička sredina svih dodijeljenih ocjena u anketnom upitniku i normalizirane važnosti potkriterija unutar svake skupine kriterija za odabir trase željezničke pruge. Prosječne ocjene i normalizirane važnosti za tematske skupine kriterija prikazane su u tablici 3.

Tablica 2. Težinski koeficijenti (važnosti) potkriterija za odabir trase željezničke pruge

<i>Kriterij</i>		<i>Potkriterij</i>		<i>Važnosti</i>	
		<i>Oznaka</i>	<i>Puni naziv</i>	<i>1-10</i>	<i>Normal.</i>
K1	<i>Troškovi investicija</i>	TIŽI	Troškovi izgradnje željezničke infrastrukture	7,913	0,523741007
		TIŽS	Troškovi izgradnje željezničke suprastrukture	7,355	0,476258993
K2	<i>Troškovi eksploatacije</i>	TO	Troškovi održavanja	7,577	0,518237082
		TU	Troškovi upravljanja	7,204	0,481762918
K3	<i>Vrijeme izgradnje</i>	VIKT	Vrijeme izgradnje kritičnih objekata	7,043	0,503888025
		EI	Etapna izvodivost	7,088	0,496111975
K4	<i>Prostorno - urbanistički utjecaj</i>	UPŽM	Uklapanje u postojeće pravce željezničke mreže	7,934	0,138362396
		UPS	Uklapanje u druge prometne sustave	7,869	0,137225171
		OTZL	Odstupanje trase od zračne linije	5,913	0,103108415
		OPZP	Očuvanje prostornih cjelina i zauzimanje površina	7,444	0,126990144
		PTO	Položaj trase na objektima	6,978	0,121683093
		UT	Utjecaj na turizam	7,266	0,123957544
		OP	Ograničenja u prostoru	7,444	0,126990144
		DT	Duljina trase	7,295	0,121683093
K5	<i>Prometni i građevinsko-tehnički kriteriji</i>	PBP	Pouzdanost i brzina prometa	8,782	0,255534472
		SP	Sigurnost prometa	9,021	0,262492094
		GSZ	Geologija i seizmologija zemljišta	8,045	0,223908918
		PS	Propusna sposobnost	8,869	0,258064516
K6	<i>Ekološka prihvatljivost</i>	UB	Utjecaj buke	7,065	0,245098039
		UV	Utjecaj vibracija	7,217	0,250377074
		OVT	Onečišćenje vode i tla	7,782	0,269984917
		UK	Utjecaj na krajobraz	6,760	0,23453997
K7	<i>Vrijeme putovanja</i>	VPTV	Vrijeme putovanja teretnih vlakova	7,311	0,470672389

		VPPV	Vrijeme putovanja putničkih vlakova	8,222	0,529327611
K8	<i>Koristi za razvojni potencijal</i>	RGR	Razvoj gospodarstva regije	8,911	0,511479592
		UDZ	Utjecaj na širu društvenu zajednicu	8,704	0,488520408

Izvor: Izradili autori.

Unutar tematske skupine troškovi investicija značajniji je potkriterij troškova izgradnje željezničke infrastrukture od suprastrukture. Isto tako, unutar troškova eksploatacije veća važnost pridaje se troškovima održavanja nego troškovima upravljanja. Prosječna ocjena vremena izgradnje kritičnih objekata i mogućnosti etapne izvodivosti je podjednaka, s time da prvi potkriterij pokazuje nešto veću značajnost. Unutar skupine prostorno-urbanističkih utjecaja najveću prosječnu ocjenu dobili su potkriteriji uklapanja u postojeće pravce željezničke mreže i uklapanje u druge prometne sustave. Kao najslabije ocjenjeni potkriterij unutar ove grupe, ali i promatrajući sve potkriterije, ističe se odstupanje trase od zračne linije. Analizirajući skupinu prometnih i građevinsko-tehničkih kriterija uočava se da je potkriteriju sigurnost prometa dodijeljena najveća prosječna ocjena od 9.021, koja je ujedno i najveća od svih potkriterija. Potkriteriji koji razmatraju pouzdanost i brzinu prometa te kapacitet pojedine trase željezničke pruge također su vrlo visoko ocjenjeni. S obzirom na značaj grupe kriterija koji uzimaju u obzir zaštitu čovjekova okoliša bilo je za očekivati veće pojedinačne ocjene važnosti pojedinih potkriterija. Unutar ove skupine najveću prosječnu ocjenu dobio je potkriterij koji razmatra onečišćenje vode i tla. U pogledu vremena putovanja značajnije je ocjenjeno vrijeme koje uzima u obzir putničke vlakove od onoga koje razmatra teretni promet. Unutar grupe kriterija koji razmatraju koristi za razvojni potencijal veća prosječna ocjena dodijeljena je razvoju gospodarstva regije od utjecaja na širu društvenu zajednicu.

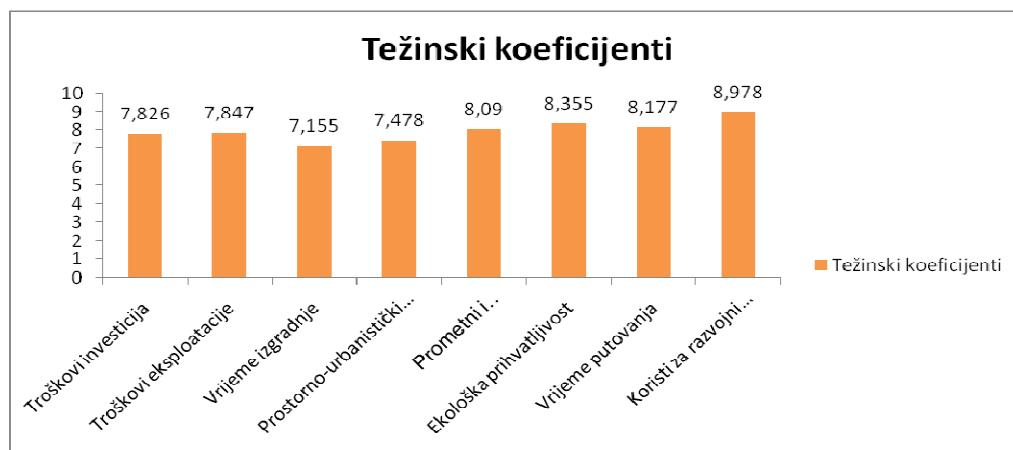
Tablica 3. Težinski koeficijenti (važnosti) tematskih skupina kriterija za odabir trase željezničke pruge

<i>Kriterij</i>		<i>Težinski koeficijenti</i>	
		<i>1-10</i>	<i>Normaliz.</i>
K1	<i>Troškovi investicija</i>	7,826086957	0,124137931
K2	<i>Troškovi eksploatacije</i>	7,847826087	0,124482759
K3	<i>Vrijeme izgradnje</i>	7,155555556	0,111034483
K4	<i>Prostorno-urbanistički utjecaj</i>	7,47826087	0,11862069
K5	<i>Prometni i građevinsko-tehnički kriteriji</i>	8,090909091	0,122758621
K6	<i>Ekološka prihvatljivost</i>	8,355555556	0,129655172
K7	<i>Vrijeme putovanja</i>	8,177777778	0,126896552
K8	<i>Koristi za razvojni potencijal</i>	8,97826087	0,142413793

Izvor: Izradili autori.



Grafikon 3. Težinski koeficijenti (važnosti) tematskih skupina kriterija za odabir trase željezničke pruge



Izvor: Izradili autori.

Kao najznačajnija skupina kriterija za odabir trase željezničke pruge ističu se koristi za razvojni potencijal. Ova grupa kriterija ocjenjena je najvećom ocjenom od strane 20 eksperata dok je ocjenu 9 dodijelilo njih 17. Slijedi grupa kriterija ekološke prihvatljivosti što ukazuje na značaj koji eksperti pridaju zaštiti okoliša. Ovu skupinu je čak 19 eksperata ocijenilo sa ocjenom 10 a 7 stručnjaka sa ocjenom 9. Sljedeće dvije skupine kriterija, vrijeme putovanja te prometni i građevinsko-tehnički kriteriji, također su vrlo visoko ocjenjene. Ekonomski kriteriji, koji su prezentirani troškovima, također su izuzetno značajni, s time da očekivani troškovi investicija imaju podjednaku važnost u odnosu na troškove eksploatacije. Iako troškovi investicija imaju ukupnu prosječnu ocjenu od 7.8, gotovo 25% eksperata tom potkriteriju dalo je ocjenu 6 ili nižu, a u pojedinim slučajevima ocjenjeni su čak i sa najnižom vrijednostima. Navedeno se može prihvatiti u uvjetima visokog standarda i općenito gospodarskog rasta, kada su troškovi izgradnje prometne infrastrukture u drugom planu u odnosu na druge kriterije i učinke. Premda je prostorno-urbanistički utjecaj tek na sedmom mjestu, potkriteriji za odabir trase željezničke pruge ove grupe imaju također posebnu važnost. Vrijeme izgradnje ocjenjeno je kao najmanje značajna grupa kriterija.

## 5.2. Analiza rezultata kriterija i potkriterija za odabir trase ceste

U tablici 4. prikazane su aritmetička sredina svih dodijeljenih ocjena u anketnom upitniku i normalizirane važnosti potkriterija unutar svake skupine kriterija za odabir trase ceste dok su dobivene ocjene za tematske skupine kriterija prikazane u tablici 5.

Tablica 4. Težinski koeficijenti (važnosti) potkriterija za odabir trase ceste

Kriterij		Potkriterij		Važnosti	
		Oznaka	Puni naziv	1-10	Normaliz.
K1	Troškovi investicija	TICI	Troškovi izgradnje cestovne infrastrukture	7,565217391	1
K2	Troškovi eksploatacije	TO	Troškovi održavanja	7,260869565	0,523510972
		TU	Troškovi upravljanja	6,608695652	0,476489028
K3	Vrijeme izgradnje	VIKT	Vrijeme izgradnje kritičnih objekata	6,782608696	0,490566038
		EI	Etapna izvodivost	7,043478261	0,509433962

K4	<i>Prostorno - urbanistički utjecaj</i>	UPCM	Uklapanje u postojeće pravce cestovne mreže	7,4	0,127050744
		UPS	Uklapanje u druge prometne sustave	7,804347826	0,136970622
		OTZL	Odstupanje trase od zračne linije	5,804347826	0,101869515
		OPZP	Očuvanje prostornih cjelina i zauzimanje površina	7,111111111	0,122090805
		PTO	Položaj trase na objektima	6,847826087	0,120183136
		UT	Utjecaj na turizam	7,652173913	0,134299886
		OP	Ograničenja u prostoru	7,488888889	0,128576879
		DT	Duljina trase	7,347826087	0,128958413
K5	<i>Prometni i građevinsko-tehnički kriteriji</i>	PBP	Pouzdanost i brzina prometa	8,239130435	0,254362416
		SP	Sigurnost prometa	8,772727273	0,259060403
		GSZ	Geologija i seizmologija zemljišta	7,511111111	0,226845638
		PS	Propusna sposobnost	8,413043478	0,259731544
K6	<i>Ekološka prihvatljivost</i>	UB	Utjecaj buke	7,5	0,240524781
		UV	Utjecaj vibracija	7,065217391	0,236880466
		OVT	Onečišćenje vode i tla	8,488888889	0,278425656
		UK	Utjecaj na krajobraz	7,282608696	0,244169096
K7	<i>Vrijeme putovanja</i>	VPKM	Vrijeme putovanja komercijalnih vozila	7,755555556	0,489481066
		VPOV	Vrijeme putovanja osobnih vozila	8,088888889	0,510518934
K8	<i>Koristi za razvojni potencijal</i>	RGR	Razvoj gospodarstva regije	8,511111111	0,503947368
		UDZ	Utjecaj na širu društvenu zajednicu	8,377777778	0,496052632

Izvor: Izradili autori

Među analiziranim troškovima, koji se mogu ubrojiti u ekonomske kriterije, najznačajniji potkriterij su troškovi izgradnje cestovne infrastrukture, potom slijede troškovi održavanja a najmanja važnost se pridaje troškovima upravljanja. Za razliku od dobivenih ocjena važnosti potkriterija za odabir trase željezničke pruge, prosječna ocjena vremena izgradnje kritičnih objekata je kod ocjenjivanja cestovne trase manja u odnosu na etapnu izvodivost. Analizirajući grupu kriterija koji razmatraju prostorno-urbanistički utjecaj najveću prosječnu ocjenu dobio je potkriterij uklapanja u druge prometne sustave, nakon kojega slijedi potkriterij koji uzima u obzir utjecaj na turističku djelatnost. Velika važnost utjecaja na turizam posljedica je činjenice da promatrajući sve prometne grane danas još uvijek cestovni promet sudjeluje s najvećim udjelom u distribuciji turističkih putovanja. Odstupanje trase od zračne linije, kao i kod dodjeljivanja težinskih koeficijenata za odabir trase željezničke pruge, vrednovan je kao najslabije ocjenjeni potkriterij u postavljenom modelu. Prometni i građevinsko-tehnički kriteriji sadrže sve zahtjeve prometne potražnje odgovarajućeg područja, tehničko-tehnološke mogućnosti prometnog sustava kao i građevinska rješenja te su shodno tome i vrlo visoko vrednovani. Unutar te skupine uočava se da je potkriteriju sigurnost prometa dodijeljena najveća prosječna ocjena. Među grupom kriterija koji uzimaju u obzir zaštitu čovjekova okoliša najveću prosječnu ocjenu dobio je očekivano potkriterij koji

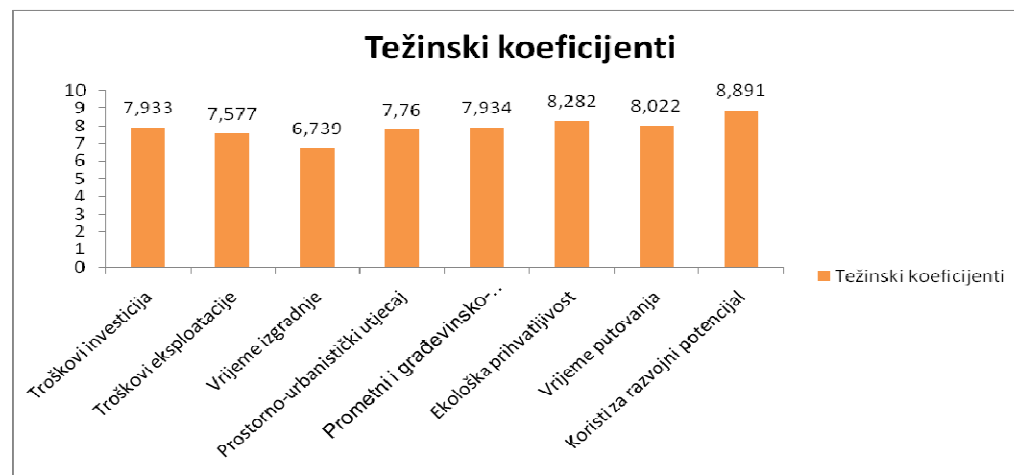
razmatra onečišćenje vode i tla. Unutar tematske skupine kriterija koji razmatraju vremena putovanja značajnije je ocjenjeno vrijeme koje razmatra osobna od onoga koje uzima u obzir komercijalna vozila. Analizirajući grupu kriterija koji razmatraju koristi za razvojni potencijal uočava se da je dobivena važnost potkriterija podjednaka.

Tablica 5. Težinski koeficijenti (važnosti) tematskih skupina kriterija za odabir trase ceste

<i>Kriterij</i>		<i>Težinski koeficijenti</i>	
		<i>I-10</i>	<i>Normaliz.</i>
K1	<i>Troškovi investicija</i>	7,933333333	0,124260355
K2	<i>Troškovi eksploatacije</i>	7,577777778	0,118691263
K3	<i>Vrijeme izgradnje</i>	6,739130435	0,107901149
K4	<i>Prostorno-urbanistički utjecaj</i>	7,760869565	0,124260355
K5	<i>Prometni i građevinsko-tehnički kriteriji</i>	7,934782609	0,127044901
K6	<i>Ekološka prihvatljivost</i>	8,282608696	0,132613992
K7	<i>Vrijeme putovanja</i>	8,022727273	0,122868082
K8	<i>Koristi za razvojni potencijal</i>	8,891304348	0,142359903

Izvor: Izradili autori.

Grafikon 4. Težinski koeficijenti tematskih skupina kriterija za odabir trase ceste



Izvor: Izradili autori.

U najznačajniju grupu kriterija, jednako kao i kod odabira trase željezničke pruge, ubrajaju se koristi za razvojni potencijal. Ova grupa kriterija ocjenjena je najvećom ocjenom od strane 19 anketiranih dok je ocjenu 9 dodijelilo 13 ispitanika. Slijedi skupina kriterija ekološke prihvatljivosti, što pokazuje jačanje trenda značaja zaštite okoliša. Ovu grupu kriterija 17 anketiranih ocijenilo je sa ocjenom 10 a 11 stručnjaka sa ocjenom 9. Sljedeće dvije grupe kriterija su vrijeme putovanja te prometni i građevinsko-tehnički kriteriji. Što se tiče ekonomskih kriterija treba napomenuti da troškovi investicija imaju veću važnost od troškova eksploatacije. Premda su troškovi izgradnje cestovne infrastrukture kao potkriterij troškova investicija ocjenjeni prosječnom ocjenom od 7,9%, određeni broj anketiranih daje ovom čimbeniku nisku ocjenu, što je prihvatljivo u uvjetima gospodarskog rasta kada drugi kriteriji za izgradnju prometne infrastrukture prevladavaju. Značajnu važnost imaju i

potkriteriji unutar grupe prostorno-urbanistički utjecaj dok je vrijeme izgradnje, jednako kao i kod odabira trase željezničke pruge, ocijenjeno kao najmanje značajna skupina kriterija.

## 6. ZAKLJUČAK

Rezultati ovoga rada dio su istraživanja provedenog od ožujka do svibnja 2012. godine. Postavljeni kriteriji i potkriteriji za odabir trase željezničke pruge i ceste dani su na razmatranje stručnjacima u području prometnog planiranja i projektiranja putem anketnog istraživanja.

Utvrđivanjem tematskih skupina kriterija i potkriterija za izbor željezničke i cestovne prometne trase može poslužiti za optimizaciju kopnene prometne infrastrukture. Određivanje težinskih koeficijenata definiranih skupina kriterija i potkriterija izvršeno je putem anketnog istraživanja eksperata iz područja planiranja i projektiranja kopnene prometne infrastrukture te je tako postavljen opći model za odabir trase željezničke pruge i model za odabir trase ceste.

Postavljeni model može se primjeniti na konkretnom primjeru izbora kopnene prometne trase, željezničke pruge ili ceste, koristeći višekriterijsku optimizaciju kao najznačajniju metodu kod donošenja odluka za izradu prostorno-prometnih planova i projekata. Na osnovu definiranih parametara pojedinih kriterija za svaku varijantu trase željezničke pruge i ceste te važnosti tematskih skupina kriterija i potkriterija, višekriterijska optimizacija omogućuje vrednovanje definiranih varijanti prometnog rješenja. Primjenom metoda višekriterijske analize utvrđuje se optimalna trasa željezničke pruge i ceste.

## LITERATURA

- [1] Čičak, M.: *Modeliranje u željezničkom prometu*, Institut prometa i veza, Zagreb, 2005., 507-516.
- [2] Kosijer, M., Ivić, M.: *Primena višekriterijumske optimizacije pri izboru optimalnog koridora železničke pruge*, *Železnice*, 7-8, 1997., 368-372.
- [3] Krpan, Lj.: *Integralni prostorno-prometni model urbanističkog planiranja*, doktorska disertacija, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2010. (neobjavljeno)
- [4] Meier, W., Heimerl, G.: *Multikriteriele Beurteilung fon Verkehrs Investitionen*, *Schienen der Welt* 7, 41-48.
- [5] Nikolić, I., Borović, S.: *Višekriterijumska optimizacija: metode, primena u logistici, softver*, Centar vojnih škola VJ., Beograd, 1996.
- [6] Vilke, S.: *Optimizacija kopnene prometne infrastrukture između Paneuropskog koridora V i ogranka V<sub>B</sub>*, doktorska disertacija, Pomorski fakultet u Rijeci, Sveučilište u Rijeci, Rijeka, 2012. (neobjavljeno)

**Dr. sc. Siniša Vilke**  
**Dr.sc. Hrvoje Baričević**  
**Livia Maglić, dipl.ing.**  
Sveučilište u Rijeci  
Pomorski fakultet u Rijeci  
Studentska 2  
51000 Rijeka - Hrvatska  
e-mail: sivilke@pfri.hr

## **KRITERIJI ZA VREDNOVANJE KOPNENE PROMETNE TRASE**

### ***Sažetak***

Prije donošenja odluke o odabiru kopnene prometne trase nužno je provesti detaljnu analizu varijanti. Takva analiza obuhvaća vrednovanje svake potencijalne trase od strane stručnjaka.

Cilj ovoga rada bio je definiranje kriterija za odabir kopnene prometne trase, željezničke pruge i ceste, te njihovo ocjenjivanje i vrednovanje. U radu su pregledno izneseni rezultati anketnog istraživanja provedenog tijekom 2012. godine. Rezultati analize ekspertnih mišljenja iz područja planiranja i projektiranja kopnene prometne infrastrukture korišteno je za definiranje tematskih skupina kriterija i potkriterija kao i za određivanje njihovih težinskih koeficijenata.

Na osnovu dobivenih rezultata istraživanja i analizom mišljenja stručnjaka autori vrednuju tematske skupine kriterija i potkriterije po njihovoj važnosti. Definiran je težinski koeficijent za svaku tematsku skupinu kriterija i za svaki pojedini potkriterij te je postavljen model za odabir trase željezničke pruge i model za odabir trase ceste. Postavljeni model može poslužiti kao osnova za odabir kopnene prometne trase, željeznice ili ceste, primjenom metode višekriterijske optimizacije.

**Ključne riječi:** kriteriji, trasa željezničke pruge, trasa ceste, višekriterijska optimizacija.

### ***Abstract***

Before bringing the decision related to the selection of inland transport track it is necessary to carry out detailed analyses of alternatives. This analyses includes the evaluation of each potential track by experts.

The goal of this paper was to define criteria for the selection of inland transport track, railway line and road, as well as their assessment and evaluation. The paper clearly presents the results of the research conducted throughout 2012. The results obtained from analysing the opinion of experts from inland transport infrastructure planning and designing field is used for define the criteria groups and sub-criteria and for determine their weighting coefficient.

Based on the research results and analysing the opinions of experts, the authors have evaluated the criteria groups and sub-criteria in accordance to their importance. The weighting coefficient has been determined for each criteria group and for each sub-criterion, and the model for the selection of the railway line track and for the selection of the road track is set. The set model can be used for the selection of inland transport track, railway line or road, by applying the multi-criteria optimization metod.

**Key words:** criteria, railway line track, road track, multi-criteria optimization.