



## ODABIR NAJPOVOLJNIJE LOKACIJE PARKIRALIŠTA KORIŠTENJEM VIŠEKRITERIJSKOG ODLUČIVANJA

**Nikica Bonić**, mag. građ.

**Ivan Brkić**, mag. građ.

Doc. dr.sc. **Ivana Domljan**, dipl.ing.građ.

Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru

**Sažetak:** Korištenjem višekriterijskog odlučivanja, AHP i PROMETHEE metode bira se najpovoljnija lokacija parkirališta hipotetski postavljenog u grad Neum. Analiziraju se karakteristike potencijalnih alternativa, odabir kriterija, njihove težine te se predstavljaju rezultati u programu Visual PROMETHEE.

**Ključne riječi:** izbor lokacije, parkiralište, višekriterijska analiza, AHP, PROMETHEE

## SELECTING THE MOST APPROPRIATE PARKING LOCATION USING MULTICRITERIAL DECISION-MAKING

**Abstract:** Using multicriterial decision-making, more precisely AHP and PROMETHEE methods, the most appropriate hypothetical parking location is selected in the city of Neum. Characteristics of potential alternatives, selection of criteria, their weights are analyzed and the results are presented in Visual PROMETHEE.

**Key words :** location selection, parking, multicriteria analysis, AHP, PROMETHEE,



## 1. UVOD

U ovom se radu razmatra problem donošenja odluka u prometnoj infrastrukturi, a u užem smislu vezan za parkirališta u urbanim područjima. Primijenjena je višekriterijska analiza, AHP metoda, te provjerena u računalnom programu *Visual Promethee*.

Donošenje kvalitetnih i ispravnih odluka jedna je od važnih i značajnih pretpostavki uspješnosti. Pri tome moguće je postojanje više različitih kriterija koji utječu na krajnju odluku i često mogu biti u međusobnoj suprotnosti. U takvim slučajevima najbolje i najučinkovitije je primijeniti višekriterijsku analizu koja će dovesti do optimalnog rješenja.

Postupak višekriterijskog odlučivanja služi za rješavanje složenih problema vrednovanja, odlučivanja i optimiziranja u slučajevima kada je potrebno odabrati najpovoljniju ili optimalnu od više varijanti postizanja zadanog cilja temeljem više različitih kriterija. U području višekriterijskog odlučivanja problemi se, s gledišta njihova opisivanja određenim matematičkim modelom, dijele na: višeciljno odlučivanje (VCO) i višekriterijsku analizu (VKA).

Kriteriji za usporedbu	Modeli	Višeciljno odlučivanje (VCO)	Višekriterijska analiza (VKA)
Više kriterija definirano je		ciljevima	atributima
Ciljevi		eksplicitni	implicitni
Atributi		implicitni	eksplicitni
Ograničenja		aktivna	neaktivna
Varijante (rješenja)		implicitne	eksplicitne
Broj varijanti		bekonačan (velik)	određen (mali)
Kontrola donositelja odluke		velika	ograničena
Primjena		projektiranje (pronalazak rješenja i izbor)	izbor, evaluacija (rješenja su poznata)

Tablica 1.1. Modeli višekriterijskog odlučivanja<sup>1</sup>

Model višeciljnog odlučivanja se koristi za "dobro strukturirane" probleme (eng. *well-structured problems*). Dobro strukturirani problemi su oni kod kojih je poznato sadašnje stanje, poznato buduće konačno stanje kao i način njegovog postizanja. Ovaj model obuhvaća beskonačan ili vrlo velik broj alternativa rješenja koje nisu izričito poznate u samom početku, u njemu postoje ograničenja, a do optimalne alternative se dolazi rješavanjem postavljenog matematičkog modela.

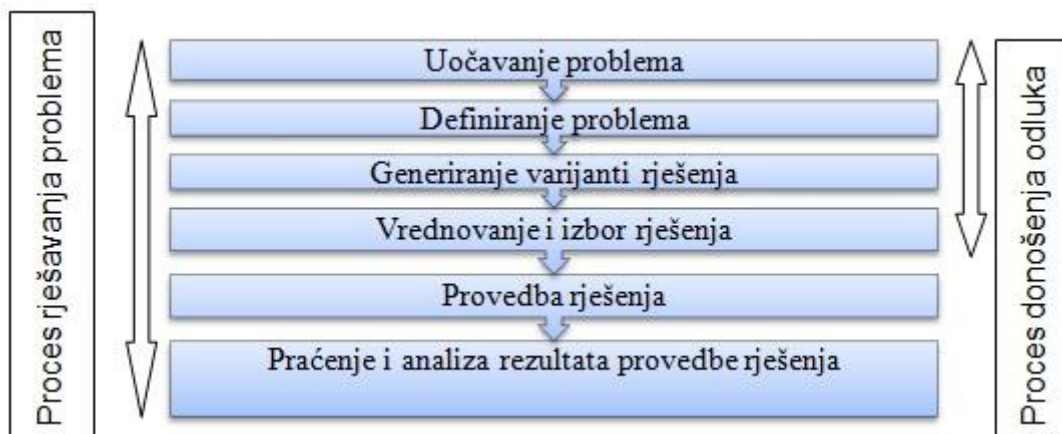
Model višekriterijske analize (eng. *multi-criteria analysis*) se s druge strane koristi za "loše strukturirane" probleme (eng. *ill-structured problems*). To su problemi kod kojih su ciljevi često vrlo komplicirani i nejasno postavljeni s mnogim nepoznanicama, a priroda promatranog problema se konstantno mijenja tijekom njegovog rješavanja. Nedostatak leži u činjenici da kod slabe strukturiranosti ne postoji mogućnost dobivanja jednoznačnog rješenja.

<sup>1</sup>Bonić, N., (2017.), Primjena AHP metode za višekriterijsko odlučivanje na problem izbora najpovoljnije lokacije parkirališta, Diplomski rad, Građevinski fakultet, Sveučilište u Mostaru.



Uzroci nejednoznačnosti potječu od ciljne strukture, koja je složena i izražena različitim kvantitativnim i kvalitativnim mjernim jedinicama. Posljedica slabe strukturiranosti problema su višedimenzionalni kriteriji za vrednovanje rješenja, te promjenjiva ograničenja. Model obuhvaća konačan broj varijanti rješenja koje su poznate na početku. Problem se rješava pronalaskom najbolje varijante ili skupa dobrih varijanti u odnosu na definirane attribute/kriterije i njihove težine.<sup>2</sup>

Razvijanje i investiranje u prometnu infrastrukturu temeljni su dijelovi procesa koji se odvijaju u suvremenim i razvijenim destinacijama. Konačan rezultat kvalitetno uređenih sredina na infrastrukturnoj razini jest i taj da se bitno poboljšavaju sve razine kvalitete života. Realizaciji infrastrukturne mreže prethodi njezino planiranje i projektiranje, a nakon izgradnje slijedi korištenje i održavanje kojim se jamči njezina uporabljivost. Cjelokupan proces donošenja odluka čini dio procesa rješavanja problema vezanih uz infrastrukturnu mrežu i sastoji se od: uočavanja problema, definiranja problema te na samom kraju izbor optimalnog rješenja (Slika 1.1.).



Slika 1.1. Faze procesa i rješavanja problema i donošenja odluka<sup>2</sup>

Za analizu prihvatljivosti infrastrukturnih rješenja najčešće se primjenjuju ekološki, socijalni i ekonomski kriteriji. Uključivanje svih navedenih kriterija u analizu i izbor optimalnog rješenja infrastrukture doprinosi održivom razvoju urbanih i turističkih destinacija. U radu će se nastojati riješiti problem kombinacijom primjene dviju metoda koje su opisane u nastavku.

## 2. AHP metoda

AHP metodu je razvio Thomas L. Saaty 1970-ih godina, a skraćeni naziv dolazi od engleskog naziva *analytic hierarchy process*. Analitički hijerarhijski proces (AHP) spada u najpoznatije i posljednjih dvadesetak godina najviše korištene metode za odlučivanje kada se odluka (izbor neke od raspoloživih alternativa ili njihovo rangiranje) temelji na više atributa koji se koriste kao kriteriji. Rješavanje složenih problema odlučivanja pomoću ove metode temelji se na njihovoj dekompoziciji u hijerarhijsku strukturu čiji su elementi cilj, kriteriji (podkriteriji) i alternative. Druga važna komponenta AHP metode je matematički model pomoću kojega se računaju prioriteta (težine) elemenata koji su na istoj razini hijerarhijske strukture. Područje primjene metode je višekriterijsko odlučivanje gdje se na osnovu definiranog skupa kriterija i vrijednosti atributa za svaku alternativu vrši izbor najprihvatljivijeg rješenja, odnosno prikazuje se potpuni raspored važnosti alternative u modelu.

<sup>2</sup>Deluka-Tibljaš, A., Karleuša, B., Dragičević, N., (2013), *Pregled primjene metoda višekriterijske analize pri donošenju odluka o prometnoj infrastrukturi*, Građevinar 65 (2013) 7, 619-631



Primjena AHP metode može se objasniti u četiri osnovna koraka:<sup>3</sup>

1. razvija se hijerarhijski model problema odlučivanja s ciljem na vrhu, kriterijima i podkriterijima na nižim razinama te alternativama na dnu modela
2. na svakoj razini hijerarhijske strukture u parovima se međusobno uspoređuju elementi te strukture pri čemu se preferencije donositelja odluke izražavaju pomoću Saaty-jeve skale relativne važnosti
3. iz procjena relativnih važnosti elemenata odgovarajuće razine hijerarhijske strukture problema pomoću matematičkog modela izračunavaju se lokalni prioriteti (težine) kriterija, podkriterija i alternativa, koji se zatim sintetiziraju u ukupne prioritete alternativa
4. provodi se analiza osjetljivosti

U procjeni vrijednosti omjera težina kriterija i važnosti alternativa koristi se Saaty-eva skala (Tablica 2.1.) koja omogućuje procjenu omjera važnosti dvaju kriterija kada se njihove vrijednosti izražavaju kvantitativno, kvalitativno i u različitim mjernim jedinicama.

Saaty-eva skala je omjerna skala koja ima pet stupnjeva intenziteta i četiri međustupnja, a svakom od njih odgovara vrijednosni sud o tome koliko puta je jedan kriterij važniji od drugog. Ista skala koristi se i kod uspoređivanja dviju alternativa, ali u tom slučaju se vrijednosti sa skale interpretiraju kao prosudbe koliko puta veća prednost (prioritet) se daje jednoj alternativu u odnosu na drugu. Neparnim brojevima pridružene su osnovne vrijednosti, dok parni opisuju njihove međuvrijednosti. Ukoliko se želi preciznije izraziti razlika u važnosti elemenata mogu se koristiti i decimalne vrijednosti od 1.1. do 1.9.

Od značajnijih prednosti AHP metode mogu se izdvojiti sljedeće:<sup>4</sup>

1. AHP metoda integrira i kvalitativne i kvantitativne faktore u odlučivanju. AHP je teorija relativnog mjerenja u kojoj se koristi apsolutna skala za mjerenje kvalitativnih i kvantitativnih kriterija koji su temeljeni na procjenama eksperata
2. redundantnost pri uspoređivanju dvaju kriterija ili alternativa dovodi do toga da je AHP metoda vrlo malo osjetljiva na greške u procjenjivanju
3. odlučivanje pomoću AHP metode povećava znanje o problemu i snažno i brzo motivira donositelje odluke. Procesom odlučivanja dolazi se do približnog rješenja problema i to puno brže nego na većini sastanaka te s manjim troškovima procesa donošenja odluke. Dobiveni rezultati mogu se koristiti i kao ulazni podaci za neki drugi projekt ili studiju izvodljivosti, u kojima se mora donijeti puno kompleksnija odluka.
4. omogućuje se donositelju odluke analiza osjetljivosti rezultata pomoću koje se provjerava stabilnost dobivenih rezultata, odnosno koliko promjene u važnosti kriterija mogu promijeniti izlazne rezultate
5. ova metoda uspješno simulira proces donošenja odluka od definiranja cilja, kriterija i alternativa, do uspoređivanja kriterija i alternativa u parovima i dobivanja rezultata, odnosno utvrđivanja prioriteta svih alternativa u odnosu na postavljeni cilj.

Također, postoje i nedostaci AHP metode:<sup>5</sup>

1. veliki broj usporedbi parova kod velike većine problema
2. postizanje konzistencije je vrlo teško

<sup>3</sup>Aleksi, I., Hocenski, Ž., (2009), Primjena Expert-Choice alata i AHP metode za odabir Virtex-5 FPGA čipa, Elaborat, Elektrotehnički fakultet, Sveučilište u Osijeku.

<sup>4</sup>Mudrinić, I., (2016), Višekriterijsko odlučivanje u procesu odabira prostornog rasporeda proizvodnog sustava, Diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu.

<sup>5</sup>Mudrinić, I., (2016), Višekriterijsko odlučivanje u procesu odabira prostornog rasporeda proizvodnog sustava, Diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu.



3. nedovoljno velika skala (Saaty-eva skala relativne važnosti) za uspoređivanje kriterija i alternativa, gdje se smatra da procjenjivač ne može dovoljno kvalitetno opisati razliku u važnosti između pojedinih kriterija i alternativa
4. nemogućnost korištenja neusporedivih alternativa.

Intenzitet važnosti	Definicija	Objašnjenje
1	Jednako važno	Dvije aktivnosti jednako doprinose cilju
3	Umjereno važnije	Na temelju iskustva i procjena, daje se umjerena prednost jednoj aktivnosti u odnosu na drugu
5	Strogo važnije	Na temelju iskustva i procjena, strogo se favorizira jedna aktivnost u odnosu na drugu
7	Vrlo stroga, dokazana važnost	Jedna aktivnost izrazito se favorizira u odnosu na drugu, njezina dominacija dokazuje se u praksi
9	Ekstremna važnost	Dokazi na temelju kojih se favorizira jedna aktivnost u odnosu na drugu, potvrđeni su s najvećom uvjerljivošću
2, 4, 6, 8	Međuvrijednosti	
1.1 – 1.9	Decimalne vrijednosti	Pri usporedbi aktivnosti koje su po važnosti blizu jedna drugoj, potrebne su decimalne vrijednosti kako bi se preciznije izrazila razlika u njihovoj važnosti

Tablica 2.1. Saaty-eva skala relativne važnosti<sup>6</sup>

### 3. PROMETHEE

PROMETHEE su metode namijenjene višekriterijskoj analizi skupa alternativa i primjenjuju se za njihovo rangiranje. Naziv je skraćenica naziva *Preference Ranking Organization METHods for Evaluation*. Razvili su je J.P. Brans i P. Vincke te predstavili po prvi put 1982. godine. Uspjeh, procvat i veliku popularnost "PROMETHEE" metode mogu zahvaliti ponajprije svojim matematičkim svojstvima i lakoći primjene. Poznate su:

1. PROMETHEE I koja daje djelomični ili parcijalni poredak alternativa
2. PROMETHEE II koja daje potpuni poredak alternativa
3. PROMETHEE III koja daje intervalni poredak alternativa, te
4. PROMETHEE IV koja daje svojevršno proširenje prethodne metode na neprekidne skupove alternativa (npr. dimenzije nekog proizvoda ili vrijednosti ulaganja).

Sam postupak primjene višekriterijske analize, uz korištenje metode PROMETHEE, pretpostavlja sljedeće faze<sup>7</sup>:

1. definiranje karakteristika problema, odnosno skupa akcija i skupa kriterija

<sup>6</sup>Begičević, N., (2008), Višekriterijski modeli odlučivanja u strateškom planiranju uvođenja E-učenja, Doktorska disertacija, Fakultet organizacije i informatike, Sveučilište u Zagrebu. (prilagođeno)

<sup>7</sup>Brkić, I., (2017.), Višekriterijsko rangiranje alternativnih lokacija za izgradnju hotela, Diplomski rad, Građevinski fakultet, Sveučilište u Mostaru



- (definiranje dimenzija problema)
2. usuglašavanje skupa akcija i kriterija s "partnerima" u procesu odlučivanja (obično se događa da se dodaju neki kriteriji na kojima insistira "partner" u suodlučivanju)
  3. definiranje težina kriterija i tipova preferencije za svaki pojedini kriterij
  4. usuglašavanje težina kriterija u iterativnom postupku
  5. definiranje alternativnih "scenarija" obrade težina kriterija, dajući veće težine određenoj skupini kriterija
  6. modelska (numerička) obrada problema te prezentiranje numeričkih i grafičkih rezultata rangiranja akcija
  7. analiza osjetljivosti, odnosno provjera stabilnosti rješenja prema postavljenim scenarijima težina kriterija
  8. korištenje metode "GAIA" za vizualizaciju karakteristika problema preko geometrijske interpretacije
  9. prezentiranje rezultata višekriterijske analize sudionicima u procesu odlučivanja, te numerička obrada dodatnih scenarija
  10. elaboriranje rezultata višekriterijske analize s verbalnom i grafičkom interpretacijom dobivenih rangova.

Kriterij	Definicija	Graf
<b>Običan kriterij</b>	$H(d) = \begin{cases} 0, & d = 0 \\ 1, & d \neq 0 \end{cases}$	
<b>Kvazi kriterij</b>	$H(d) = \begin{cases} 0, & -q \leq d \leq q \\ 1, &  d  > q \end{cases}$	
<b>Kriterij s linearno rastućom preferencijom</b>	$H(d) = \begin{cases} \frac{d}{p}, & -p \leq d \leq p \\ 1, &  d  > p \end{cases}$	
<b>Linearni s područjem indiferencije</b>	$H(d) = \begin{cases} 0, &  d  \leq p \\ \frac{ d  - q}{p - q}, & q < d \leq p \\ 1, & p <  d  \end{cases}$	
<b>Kriterij s razinama preferencije</b>	$H(d) = \begin{cases} 0, &  d  \leq p \\ \frac{1}{2}, & q < d \leq p \\ 1, & p <  d  \end{cases}$	
<b>Gaussov kriterij</b>	$H(d) = 1 - \exp\{-d^2 / \sigma^2\}$	

Slika 3.1. Osnovni tipovi funkcija preferencije

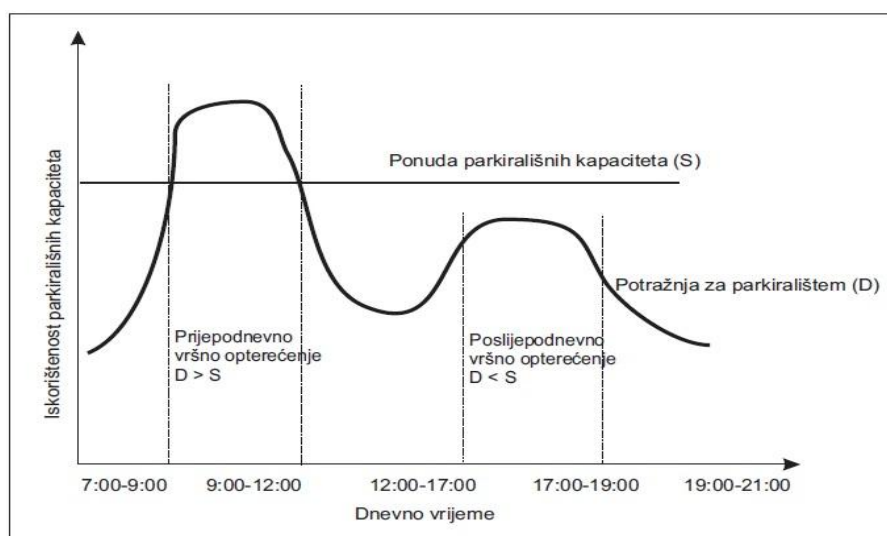
PROMETHEE metode može se najbolje objasniti sljedećim koracima, odnosno karakteriziraju ih sljedeći čimbenici:



1. obuhvat kriterija – preferencija donositelja odluke se definira tako da se za svaki postavljeni kriterij promatrati šest mogućih funkcija preferencije koje počivaju na intenzitetu preferencije
2. procijenjeni graf višeg ranga – upotreba prethodno oblikovanih kriterija dozvoljava onda procjenjivanje grafa višeg ranga. Osjetljivost ovog grafa na male promjene parametara funkcije preferencije jako je slaba, a njena interpolacija je relativno jednostavna
3. korištenje grafa višeg ranga – podrazumijeva korištenje na ovaj način procijenjenog grafa višeg ranga, a pogotovo slučaju rangiranja akcija. PROMETHEE I metodom djelomično rangiramo akcije dok potpuno rangiranje možemo ostvariti pomoću PROMETHEE II metode

#### 4. PARKIRALIŠTA

U svrhu objašnjavanja prirode problema, potrebno je ukazati na neka svojstva parkirališnih površina. Ponajprije, potražnja za uslugama parkiranja nije konstantna. Raspon između najniže i najviše potražnje, te dinamika promjene potražnje temeljni su čimbenici koji utječu na potrebnu veličinu kapaciteta parkirališnog prostora te financijski učinak parkirališta. Zbog toga je veoma važno, kod gradnje parkirališta, uzeti u obzir i dugoročnu prognozu zahtjeva potražnje parking prostora (osobito važno za turističke destinacije), zatim prognoze cikličnih oscilacija (dolasci turista u turističkoj sezoni zahtijevaju veći broj parkirališta u odnosu na ostatak godine), te mogućnost povećanja kapaciteta parkirališta u skladu sa zahtjevima. Ponuda parkirališnih kapaciteta označava broj parking mjesta koja se nude ili stoje na raspolaganju na određenom prostoru u određeno vrijeme. Potražnja za parkirališnim kapacitetima ukupnost je zahtjeva za određenim brojem parking mjesta uz definiranu cijenu parkiranja u određenom vremenskom razdoblju. Potražnja za uslugama parkiranja jedna je od osnovnih čimbenika za formiranje ponude parkirališnih kapaciteta. Nedostatak parkirnih mjesta najizrazitiji je u gradskim središtima, gdje su koncentrirani javni, poslovni, turistički i trgovački sadržaji. To upućuje na činjenicu da je potražnja za parkirališnim prostorom izvedena potražnja. Izmještanjem poslovnih subjekata izvan središta grada pridonosi se smanjenju potražnje za parkiralištem. Međuodnos ponude i potražnje za parkirališnim kapacitetima u gradovima prikazan je na sl. 4.1.



Slika 4.1. Međuodnos ponude i potražnje za parkirališnim kapacitetima u gradovima<sup>8</sup>

<sup>8</sup>Pupavac, D., Maršanić, R. (2010), Osnovne postavke optimizacije gradskih parkirališnih kapaciteta, *Ekonomski pregled*, 61 (7-8), pp. 476-485.



Prema Zakonu o sigurnosti prometa na cestama, parkiranje vozila podrazumijeva prekid kretanja vozila u trajanju duljem od pet minuta, osim prekida koji se čini da bi se postupilo po znaku ili po pravilu kojim se upravlja prometom. Zaustavljanje je gotovo identičan pojam, s tim da ono traje do pet minuta. Prema trajanju zaustavljanja razlikuje se zaustavljanje (kraće stajanje) i parkiranje (duže zaustavljanje) te smještaj, odnosno garažiranje vozila. Prostor koji zauzima automobil, zajedno sa zaštitnim zonama je mjesto za parkiranje, a posebno se obilježava na prostoru za parkiranje. Prostor za parkiranje sastoji se od mjesta za parkiranje i površine za manevriranje. Površina za manevriranje je površina potrebna za kretanje i manevriranje automobila. Svaki prometni sustav sastoji se od tri elementa: vozila, puteva i kapaciteta smještajnih terminala. Od ukupnog broja vozila koji prometuje u nekom području, uvijek se jedan dio nalazi u mirujućem stanju. Razlikuju se dvije vrste mirujućeg prometa:

1. *mirujući promet „u radu“* – određeni broj vozila koji se s ciljem obavljanja neke radnje nalaze izvan prometnog strujanja, obično zbog utovara ili istovara neke robe, ulaza ili izlaza putnika i sl.
2. *čisti mirujući promet* – obuhvaća vozila na površinama za parkiranje, vozila u garažama i vozila pri dužem čekanju (taksi vozila).

Kada se planira izgradnja parkirališta važno je dobro riješiti način ulaska i izlaska automobila. Stoga, parkirališta moraju biti funkcionalna, kako sa stajališta vozača, tako i sa stajališta pješaka. Moraju osigurati dobru ulaznu i izlaznu protočnost automobila. Osnovni pokazatelji funkcionalnog i uspješnog parkirališta su:<sup>9</sup>

1. parkiralište na dostupnoj lokaciji, u neposrednoj blizini svih ili većine zanimljivih sadržaja i atrakcija stanovništva
2. parkiralište ima estetski prihvatljiv vanjski i unutarnji izgled
3. zatvorena parkirališta imaju dobru prometnu protočnost te preglednost unutar samog parkirališta (bez opasnosti od prometnih nezgoda)
4. mogućnost brzog i jednostavnog pronalaska slobodnog parkirnog mjesta uz pomoć sustava navođenja
5. visok standard osvjetljenja tijekom noći, a koji utječe na poboljšanje povjerenja i sigurnosti korisnika samog parkirališta
6. redovito održavanje parkirališta i briga o čistoći.

U odnosu na voznu, manevarsku traku s koje se ulazi/izlazi na/s parkirnog mjesta, parkirno mjesto može biti u sljedećem položaju:<sup>10</sup>

1. okomito parkiranje ( $\alpha=90^\circ$ )
2. koso parkiranje pod različitim kutovima (najčešće  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  ili iznimno  $30^\circ$ )
3. uzdužno parkiranje ili paralelno s voznom trakom.

Osnovni uzrok nezadovoljavajućeg stanja i problema parkiranja u gradskim središtima je u namjeni površina i prevelikoj koncentraciji aktivnosti na malom prostoru prepunom ograničenja. Navedeni uzroci nastali su prije svega:<sup>8</sup>

1. stalnim povećanjem broja radnih mjesta u središtima gradova
2. smanjivanjem broja stanovnika u središtima gradova
3. stalnim porastom broja automobila
4. porastom korištenja automobila

<sup>9</sup>Bonić, N., (2017.), Primjena AHP metode za višekriterijsko odlučivanje na problem izbora najpovoljnije lokacije parkirališta, Diplomski rad, Građevinski fakultet, Sveučilište u Mostaru.

<sup>10</sup>Maletin, M., (2009), Planiranje i projektovanje saobraćajnica u gradovima, Drugo izdanje, Orion-art Beograd.





Pružanje usluga parkiranja uvijek će biti potrebno, kako danas tako i ubuduće. Turisti svoj doživljaj grada započinju parkiranjem. Postojanje kvalitetnog parkirnog objekta predstavlja dodatnu vrijednost. Problem uklanjanja zelenih površina u gradovima i asfaltiranje istih kako bi se prilagodilo parkiranju automobila dehumanizira urbani okoliš. Parkirni objekti sastavni su dio infrastrukturnih objekata neke gradske sredine te su u funkciji zadovoljenja različitih gospodarskih i društvenih aktivnosti. Izgradnja, održavanje i upravljanje parkirnim objektima košta gradove, kao i njihov nadzor i regulacija prometa i parkiranja.

## 5. LOKACIJE I KRITERIJI

Pri izboru najpovoljnije lokacije parkirališta od iznimne je važnosti odabrati lokaciju za vozila u mirovanju takvu da omogućuje kvalitetno prometno rješenje, za određenu užu ili širu površinu oko zone određene skupine objekata za koju se planira parkiralište. S druge strane, prioritetna prometna komponenta za lociranje zone parkirališta je analiza utjecaja prometa na teret koji takav objekt generira unutar prometne mreže. Analiza se provodi provjerom stupnja usluživanja međudjelovanja preko kojih je parkiralište ispunjeno i ispražnjeno. Iz ovoga slijedi da se strategije rješavanja problema parkiranja u gradovima međusobno razlikuju od jedne do druge te je moguća nekolicina razvojnih scenarija.<sup>11</sup>

1. izgradnja većih garažnih/otvorenih parkirališnih objekata u široj zoni središta grada; ovo je rješenje povoljnije za korisnike, ali utječe na opterećenje ulične mreže u prometu na najnepovoljniji način
2. izgradnja većih garažnih/otvorenih parkirališnih objekata izvan središnjeg dijela grada (u rubnim četvrtima) osiguravajući prikladne prometne veze između objekta i centra grada (npr. uvođenjem usluge javnog gradskog prijevoza) s manje parkirališnih mjesta u središtu grada.

Nakon usvajanja opće strategije planiranja najpovoljnije lokacije parkirališta potrebno je utvrditi lokaciju koja osim navedenih uvjeta prometa mora zadovoljiti i raspon ostalih interdisciplinarnih kriterija. Mogući kriteriji za izbor najpovoljnije lokacije parkirališta mogu se razvrstati u nekoliko skupina:

1. kriteriji vezani uz promet (blizina pješačkih odredišta, korelacija s javnim gradskim prijevozom itd.)
2. kriteriji urbanog razvoja (uklapanje u okolinu, socijalni aspekti i sl.)
3. gospodarski kriteriji
4. kriteriji gradnje (adekvatnost lokacije za gradnju i dr.)

Prema tomu, postavlja se hipotetska zadaća (za potrebe ovog rada) odabrati najpovoljniju lokaciju parkirališta u turističkoj destinaciji, gradu Neumu. Grad je smješten na jugu Bosne i Hercegovine te ima izravan izlaz na Jadransko more uz duljinu obale od oko 20-ak kilometara. Jedina destinacija s izlazom na more turističko je središte što se tiče morskog turizma, s oko 5.000 stanovnika i čiji su glavni poslovni i administrativni objekti smješteni u staroj povijesnoj jezgri grada tj. u središtu grada. Na prometnicama grada kao turističke destinacije, ali općenito i na svim ostalim prometnicama u gradskim turističkim destinacijama, nalazi se veliki broj domaćih i stranih motornih vozila tijekom turističke sezone. Veliki broj vozila uvelike opterećuje prometnice, parkirališta, vremenom ih oštećuje ali i ugrožava sigurnost.

<sup>11</sup>Deluka-Tibljaš, A., Karleuša, B., Benac, Č., (2011), AHP methodology application in garage-parking facility location selection, *Promet – Traffic&Transportation*, Vol. 23, 303-313.



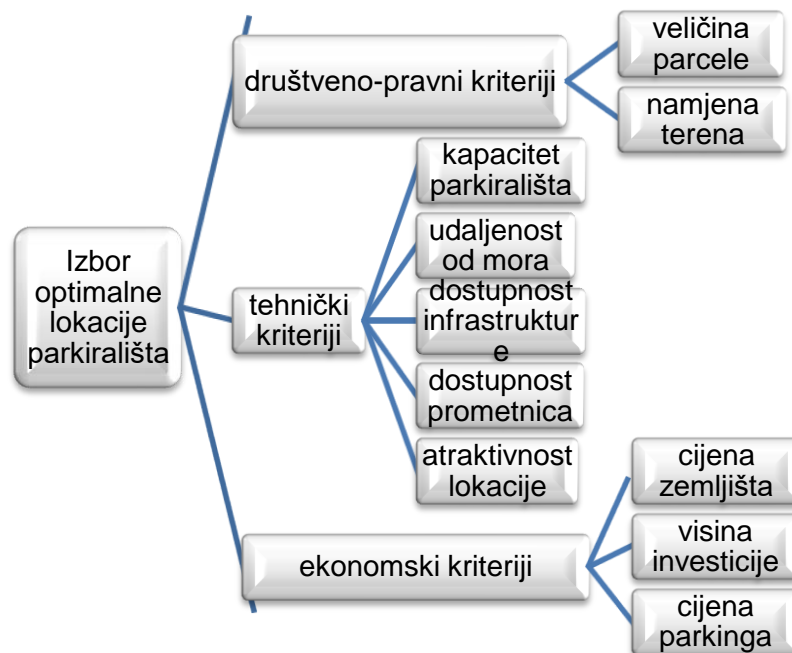
Prilikom oblikovanja parkirališta u turističkim destinacijama nastoje se što više uvažiti principi zaštite okoliša, ekonomičnosti prostora i atraktivnosti za turiste.

U urbanističkom planiranju potrebe za parkiralištima procjenjuju se u ovisnosti o stupnju privlačnosti gradskih sadržaja i stanja sustava javnog gradskog prometa, uz istovremeni pogled na mogućnosti prostora. U tom pogledu polazne instrukcije mogu se dobiti iz normativa gdje se broj parking-mjesta propisuje razmjerno vrsti i intenzitetu urbanističkih sadržaja danih u tablici 5.1.

Sadržaj	Potrebe korisnika (PM/1000 m <sup>2</sup> )			Lokalni uvjeti	
	stalni	posjetitelji	ukupno	Min.	Max.
stanovanje	12	3	15	12	18
proizvodnja	20	-	20	6	25
fakulteti	30	-	30	10	37
poslovanje	25	5	30	10	40
trgovina	8	52	60	40	80
hoteli	4	26	30	20	40
restorani	20	100	120	40	200
kina, kazališta	-	250	250	80	400

Tablica 5.1. Normativi parkiranja na osnovu grupe gradskih sadržaja<sup>12</sup>

Kriteriji koji će se primjenjivati u strateškom odabiru lokacije parkirališta kao dijela prometne infrastrukture podijeljeni su u tri skupine: društveno-pravni kriteriji, tehnički kriteriji i ekonomski kriteriji.



Slika 5.1. Hijerarhijska struktura ciljeva, kriterija i podkriterija

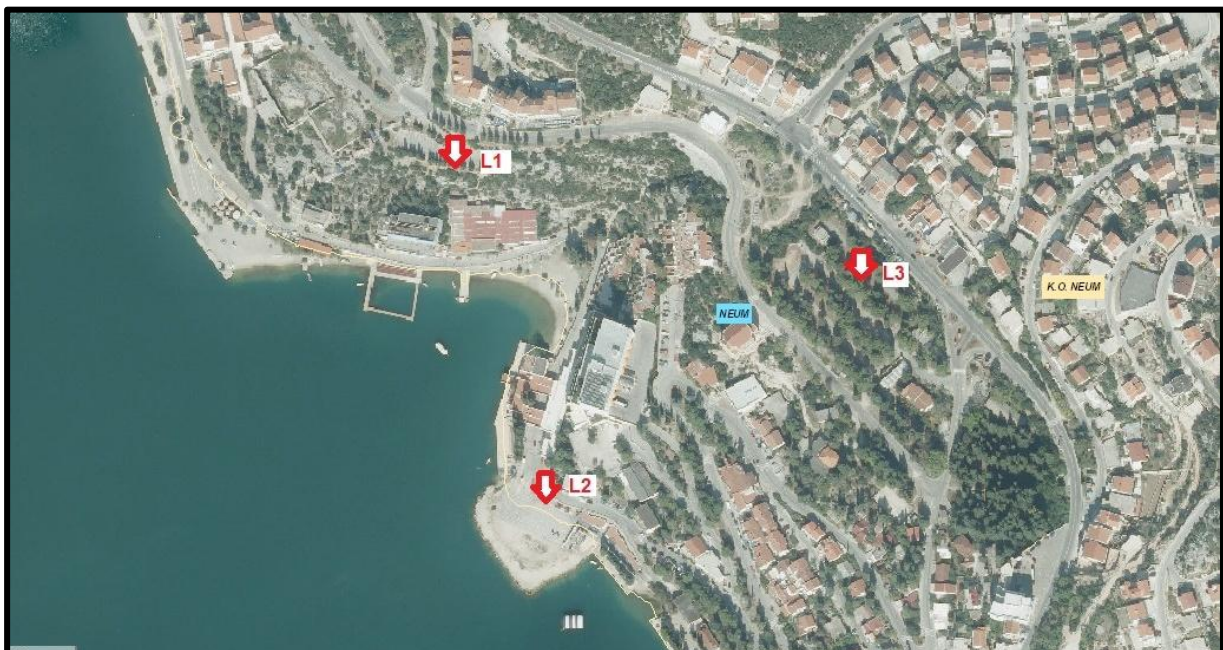
<sup>12</sup>Maletin, M., (2009), Planiranje i projektovanje saobraćajnica u gradovima, Drugo izdanje, Orion-art Beograd.



Oznaka kriterija	Naziv kriterija	Kratak opis kriterija
A1	Veličina parcele	Tlocrtna površina odabrane lokacije
A2	Namjena terena	Kategorijska pripadnost određene lokacije određenoj skupini namjena terena
B1	Kapacitet parkirališta	Broj parking mjesta, odnosno broj vozila koji se u istom trenutku mogu naći na parkiralištu
B2	Udaljenost od mora	Udaljenost parkirnih mjesta od morske obale
B3	Dostupnost infrastrukture	Blizina postojećih vrsta komunalnih infrastruktura te njihova kvaliteta (vodopskrba, kanalizacija, el.sustav)
B4	Dostupnost prometnica	Blizina gradske i vangradske mreže prometnica te mogućnost na njihovo uključivanje
B5	Atraktivnost lokacije	Predstavlja atraktivnost lokacije za buduće korisnike prema njezinoj uporabi i mjestu
C1	Cijena zemljišta	Uključuje troškove stjecanja zemljišta i vezanih troškova u eur/m <sup>2</sup>
C2	Visina investicije	Uključuje troškove pripreme projekta, izgradnje izraženo u tisućama eura
C3	Cijena parkinga	Predstavlja visinu naplate parking mjesta po vozilu izraženo u eur/sat

Tablica 5.2. Prikaz kriterija i opis

S obzirom na sve dostupne i moguće lokacije za parkiralište u užu izbor ušle su tri lokacije. Prva lokacija (označena s L1 na slici 5.2. u nastavku) predstavlja otvoreni tip parkirališta ispod hotela 'Stela', druga lokacija (označena s L2 na slici 5.2.), također je otvorenog tipa, i smještena je uz neposredno obalu, i na kraju lokacija broj tri (označena s L3 na slici 5.2.) predstavlja tip zatvorenog parkirališta odnosno javne garaže, i prostorno se nalazi ispod glavnog trga u gradu.



Slika 5.2. Ilustrativni prikaz prostornog razmještaja ponuđenih lokacija parkirališta



Određivanje važnosti kriterija važan je korak u procesu optimalnog izbora prometnog rješenja odnosno izbora najpovoljnije alternative bilo kojeg problema višekriterijskog odlučivanja. Prilikom odabira lokacije prometne infrastrukture najvažniji kriteriji obično su: prometni i ekonomski kriteriji. No, specifični zahtjevi određenog okoliša kao što je to slučaj u ovom radu – turistička destinacija, mogu međutim, nametnuti kriterije poput ekoloških i društvenih kriterija vrlo važnima. Međutim, važnost pojedinih kriterija pri izboru optimalnog rješenja ovisi o zahtjevima vezanim za razvojnu strategiju određene destinacije.

Pridruživanjem ocjena odnosno vrijednosti pojedinim kriterijima određuje se njihova važnost tj. dolazimo do težina kriterija. U ovom radu se razmatraju dva aspekta promatranja, pa su stoga i težine kriterija dodijeljene s obzirom na dva gledišta, prvi je sa stajališta investitora odnosno ekonomskih aspekata a drugi sa stajališta korisnika odnosno kriterija vezanih za uporabu. Budući da su kriteriji ocjenjivani na ovaj način, javljaju se dva scenarija koja će biti osnova za simulaciju u programu. Kriteriji poput visine investicije (C2), cijene zemljišta (C1) te dostupnosti infrastrukture (B2) među važnijima su u odnosu na gledišta investitora. Dok su, s druge strane, kriterija atraktivnosti lokacije (B4), cijene parkinga (C3) i sličnih značajni s gledišta korisnika. Težine kriterija u odnosu na scenarije jedan i dva prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 5.3.).

Kriterij/Scenarij	A1	A2	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3
Scenarij 1	6,0	2,9	9,9	2,8	13,7	13,7	2,0	17,8	23,4	7,8
Scenarij 2	3,1	2,9	13,1	18,8	5,7	5,9	15,3	2,0	2,0	31,1

Tablica 5.3. Težine kriterija za dva scenarija

## 6. RANGIRANJE LOKACIJA

Kako je i pokazano, za sve usvojene kriterije bilo je potrebno definirati težinske vrijednosti, odnosno dati prioritet određenim kriterijima u odnosu na druge. Težinska vrijednost može bitno utjecati na prihvatljivost pojedine akcije, te pri tom pokazuje koliko svaki kriterij sudjeluje u određivanju prioritetne lokacije. Uz određivanje težinskih vrijednosti kriterija za svaku potencijalnu lokaciju izvršeno je i utvrđivanje vrijednosti kriterija. U problemu se primjenjuje kvalitativno ocjenjivanje u rasponu od 1 do 5 za sve numerički nemjerljive kriterije, a oni mjerljivi kriteriji su uzeti u skladu s proračunatim vrijednostima.

Konkretni problem će se riješiti programom Visual Promethee Academic. Glavne su mu karakteristike sljedeće:

- vrednovanje mogućih odluka u odnosu na konfliktne kriterije
- identificiranje najboljih mogućih odluka
- rangiranje odluka od najgorih do najboljih
- vizualiziranje odluka kako bi ih bolje shvatili
- opravdavanje ili pobijanje odluke na temelju podataka dobivenih programom

Glavni ulazni prozor programa se sastoji od (odozgo prema dolje):

- naziva scenarija i pojedinih kriterija
- jedinica kojim se mjere kriterij
- kolone u kojoj se određuje želi li se kriterij minimizirati ili maksimizirati
- reda u kojem se upisuje težina kriterija
- funkcija preferencije
- pragova indiferencije, preferencije i Gaussovog praga
- statističkih podataka minimuma, maksimuma, srednje vrijednosti i devijacije
- alternativa



Svi kriteriji su maksimizirani osim udaljenosti od mora, cijene zemljišta, visine investicije i cijene parkinga koji su minimizirani. Za svaki kriterij je uzeta funkcija kriterija s linearnom preferencijom (V-shape). U nastavku je pokazano kako izgleda ulazni prozor jednog od dva scenarija sa svim potrebnim unesenim podacima potrebnim za proračun.

INVESTITOR	VELIČINA PA...	NAMJENA TE...	KAPACITET...	UDALJENOS...	DOSTUPNOS...	DOSTUPNOS...	ATRAKTIVN...	CIJENA ZEM...	VISINA INVE...	CIJENA PAR...	
Unit	m <sup>2</sup>	1-5	vozila	m	1-5	1-5	1-5	eur/m <sup>2</sup>	tisuća eur	eur/sat	
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	
<b>Preferences</b>											
Min/Max	max	max	max	min	max	max	max	min	min	min	
Weight	6,00	2,90	9,90	2,80	13,70	13,70	2,00	17,80	23,40	7,80	
Preference Fn.	V-shape	V-shape	V-shape	V-shape	V-shape	V-shape	V-shape	V-shape	V-shape	V-shape	
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
- P: Preference	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
<b>Statistics</b>											
Minimum	400,00	3,00	25,00	30,00	3,00	4,00	3,00	120,00	110,00	1,00	
Maximum	800,00	5,00	50,00	550,00	5,00	4,00	5,00	250,00	280,00	2,00	
Average	533,33	4,00	33,33	266,67	4,00	4,00	4,00	176,67	166,67	1,33	
Standard Dev.	188,56	0,82	11,79	214,84	0,82	0,00	0,82	54,37	80,14	0,47	
<b>Evaluations</b>											
<input checked="" type="checkbox"/>	LOKACIJA 1	400,00	4,00	25,00	220,00	3,00	4,00	4,00	160,00	110,00	1,00
<input checked="" type="checkbox"/>	LOKACIJA 2	400,00	5,00	25,00	30,00	4,00	4,00	5,00	250,00	110,00	2,00
<input checked="" type="checkbox"/>	LOKACIJA 3	800,00	3,00	50,00	550,00	5,00	4,00	3,00	120,00	280,00	1,00

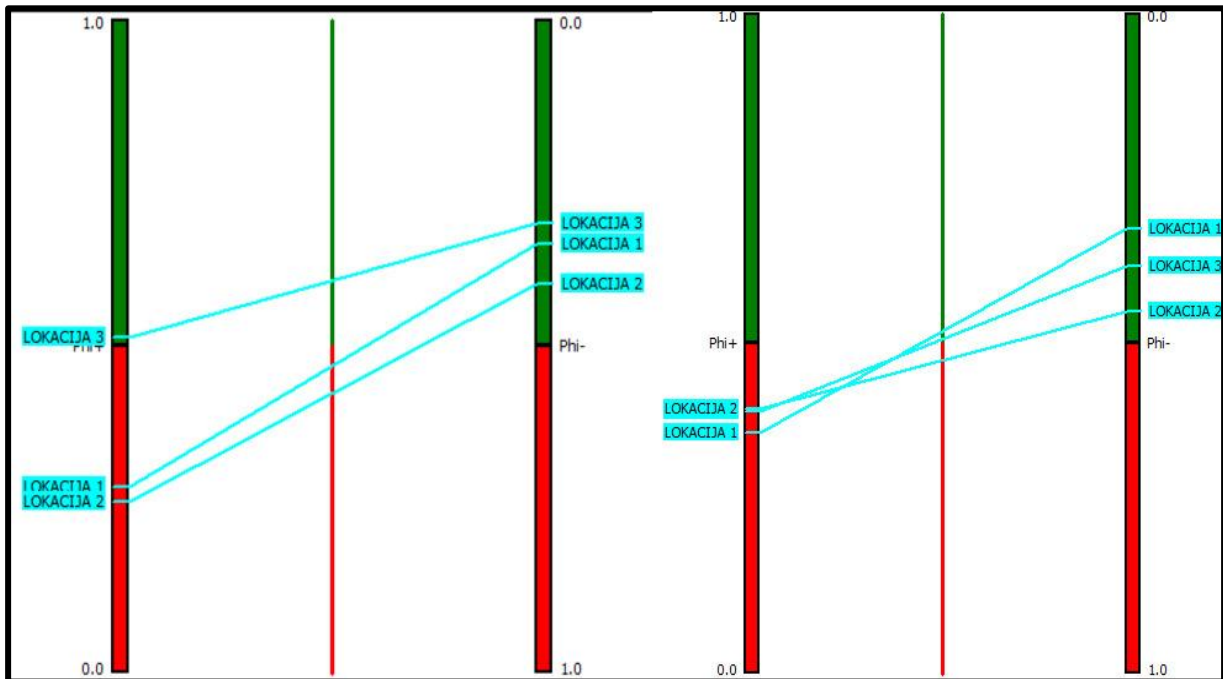
Slika 6.1. Ulazni prozor programa *Visual PROMETHEE Academic*

Postoje dva PROMETHEE rangiranja, koja se računaju:

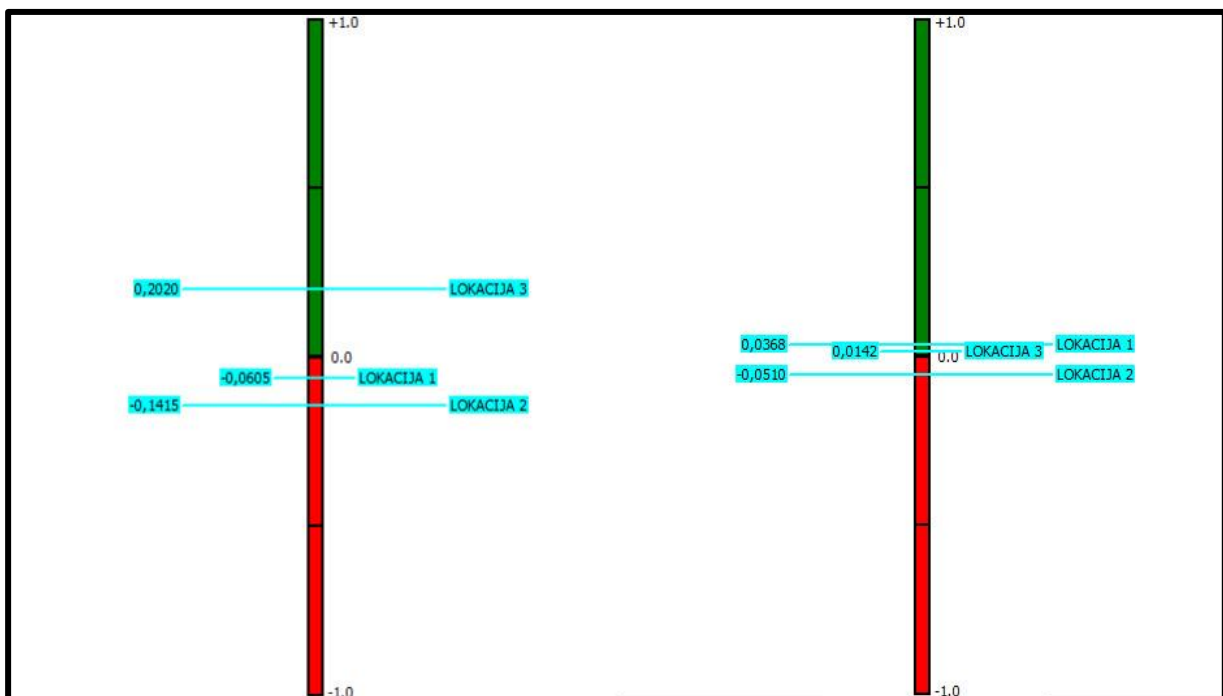
1. PROMETHEE I parcijalno rangiranje je postupak djelomičnog rangiranja varijanti koji se bazira na proračunu tokova  $\Phi^+$  i  $\Phi^-$ . Temelji se na strogim preferencijama pa se zbog toga ne mogu međusobno uspoređivati sve alternative, odnosno postoje tzv. neusporedive alternative
2. PROMETHEE II potpuno rangiranje se bazira na neto toku preferencije, odnosno neto vrijednosti  $\Phi$ . Metoda vrši potpuno rangiranje varijanti zasnovano na balansiranju ulazno - izlaznih tokova. Sve alternative su poredane od najbolje do najgore i nema neusporedivih.

Prikaz rezultata dan je na sljedećim slikama. Svaka slika ima dva dijela, lijevi dio koji prikazuje rezultate za scenarij 1 (investitor) i desni dio koji prikazuje rezultate za scenarij (korisnik).

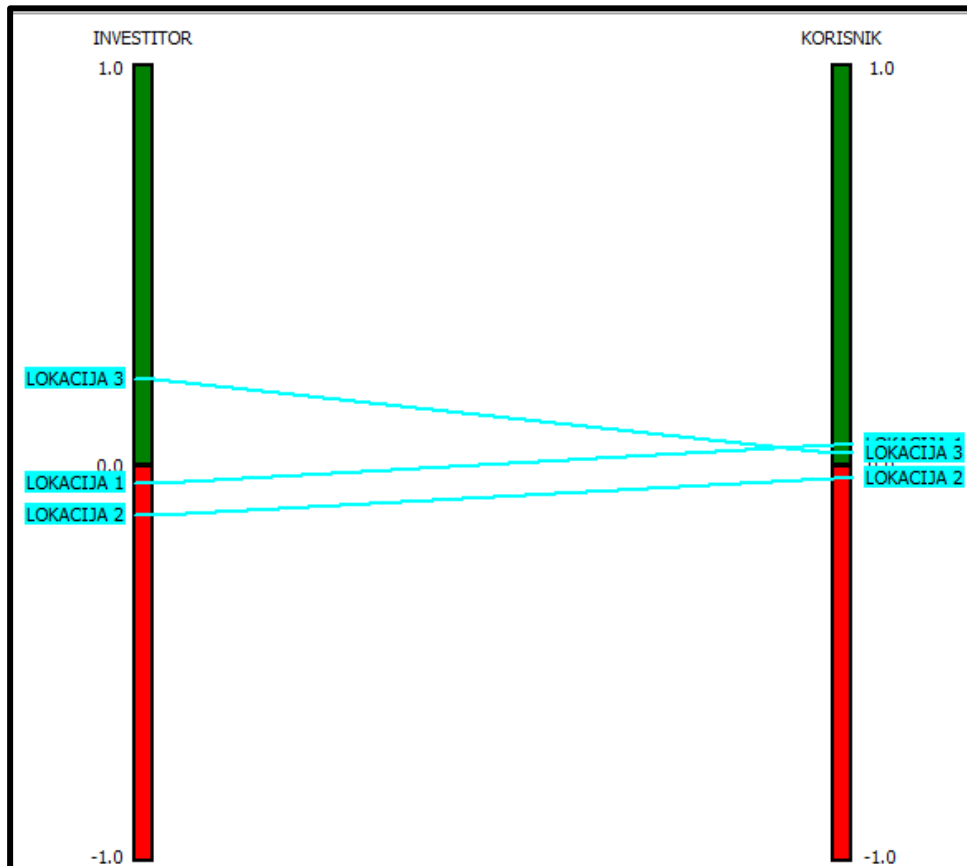
Može se vidjeti da je prema scenariju 1 najpovoljnija lokacija broj 3, a uvjerljivo najgora je lokacija 2. Prema drugom scenariju, nema velike razlike u neto tokovima svih triju lokacija, ali najboljom se pokazala lokacija broj 1.



Slika 6.2. PROMETHEE I parcijalno rangiranje



Slika 6.3. PROMETHEE II potpuno rangiranje



Slika 6.4. Usporedba dvaju scenarija

## 7. ZAKLJUČAK

U ovom je radu prikazan proces donošenja odluke pri odabiru optimalne lokacije za izgradnju parkirališta uz odgovarajuću primjenu određenih skupina kriterija. Cilj je formulirati preporuke prema donositeljima odluke kako bi se odabralo najbolje rješenje. Složenost planiranja prometne infrastrukture postavlja potrebu za pronalaženjem novih metoda i alata za optimizaciju procesa. Budući da odluke vezane uz prometnu infrastrukturu zahtijevaju višekriterijsku analizu, koja je iznimno zahtjevan i složen postupak u praksi, kao iznimno dobro rješenje nameće se AHP metoda koja daje vrlo učinkovito rješenje problema višekriterijskog odlučivanja. Primjena metode AHP za odabir optimalne lokacije prometnog objekta, kao što je parkiralište, omogućuje usporedbu interaktivnih alternativa na temelju različitih kriterija (i podkriterija) određujući kriterije važne u odnosu na cilj, vrednovanje alternativa u odnosu na svaki kriterij i konačno na cilj te analizu osjetljivosti rezultata. Uz sve navedene izazove koje područje prometne infrastrukture za sobom povlači, moguće je bilo koristiti pristup AHP i PROMETHEE metode. Na taj način su se iskoristile sve prednosti. AHP je korišten za postavljanje hijerarhijskog stabla odluke, a PROMETHEE kao segment koji obogaćuje AHP povezujući preferencijalne funkcije prema svakom kriteriju. Višekriterijska analiza uvijek omogućuje razmišljanje o važnosti odabranih kriterija i težina koje su dodijeljene tim kriterijima. Korištena programska podrška Visual PROMETHEE Academic ima niz opcija za naknadnu analizu i procjenu „što-ako“ (kao što je npr. „walking weights“) koje nude mogućnost pridavanja veće važnosti određenom kriteriju kako bi se



pratio njegov utjecaj na konačni ishod. Na taj se način nastoji otkloniti subjektivnost istraživača koja je uvijek prisutna pri određivanju simulacije promatranog sustava.

Primjenom ovog pristupa moguće je riješiti većinu slabo strukturiranih problema kao što je slučaj i s problemima vezanih uz prometnu infrastrukturu, konkretno uz problem izbora lokacije parkirališta, osobito kao dijela planiranja investicijskog ulaganja. Glavni izlaz zahtjeva interdisciplinarni pristup koji obuhvaća sva stajališta prometnih potreba, ali i zaštite okoliša te ekonomske opravdanosti mogućih rješenja. Ovakav pristup daje rezultate i odluke koji uvelike zadovoljavaju sve zahtjeve, a zbog svoje transparentnosti olakšava i procese javnih nabavki. Budući da je u svemu zastupljen i ljudski faktor (jer je donositelj odluke taj koji na kraju odlučuje) bitno je naglasiti da kvalitetno prikupljeni i određeni ulazni podaci u konačnici daju i kvalitetne i valjane izlazne podatke odnosno rješenja problema.

## 8. LITERATURA

1. Deluka-Tibljaš, A., Karleuša, B., Dragičević, N., (2013), Pregled primjene metoda višekriterijske analize pri donošenju odluka o prometnoj infrastrukturi, *Građevinar* 65 (2013) 7, 619-631
2. Turcsin, L., Bernardini, A., Marcharis, C., (2011), A combined AHP\_PROMETHEE approach for selecting the most appropriate policy scenario to stimulate a clean vehicle fleet, *Procedia Social and Behavioral Sciences* 20, 954-965.
3. Jajac, N., Bilić, I., Ajduk, A., (2013), Decision support concept to management of construction projects – problem of construction site selection, *Croatian Operational Research Review (CRORR)*, Vol.4.
4. Deluka-Tibljaš, A., Karleuša, B., Benac, Č., (2011), AHP methodology application in garage-parking facility location selection, *Promet – Traffic&Transportation*, Vol. 23, 303-313.
5. Klanac, J., Perkov, J., Krajnović, A., Primjena AHP i PROMETHEE metode na problem diverzifikacije, *Oeconomica Jadertina* 2/2013.
6. Aleksi, I., Hocenski, Ž., (2009), Primjena Expert-Choice alata i AHP metode za odabir Virtex-5 FPGA čipa, *Elaborat, Elektrotehnički fakultet, Sveučilište u Osijeku*.
7. Mudrinić, I., (2016), Višekriterijsko odlučivanje u procesu odabira prostornog rasporeda proizvodnog sustava, *Diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu*.
8. Begičević, N., (2008), Višekriterijski modeli odlučivanja u strateškom planiranju uvođenja E-učenja, *Doktorska disertacija, Fakultet organizacije i informatike, Sveučilište u Zagrebu*.
9. Pupavac, D., Maršanić, R. (2010), Osnovne postavke optimizacije gradskih parkirališnih kapaciteta, *Ekonomski pregled*, 61 (7-8), pp. 476-485.
10. Maletin, M., (2009), Planiranje i projektovanje saobraćajnica u gradovima, *Drugo izdanje, Orion-art Beograd*.
11. Brkić, I., (2017.), Višekriterijsko rangiranje alternativnih lokacija za izgradnju hotela, *Diplomski rad, Građevinski fakultet, Sveučilište u Mostaru*.
12. Bonić, N., (2017.), Primjena AHP metode za višekriterijsko odlučivanje na problem izbora najpovoljnije lokacije parkirališta, *Diplomski rad, Građevinski fakultet, Sveučilište u Mostaru*.