

METODE ZA OCENU ALTERNATIVA U STRATEŠKOM PLANIRANJU BICIKLISTIČKOG SAOBRAĆAJA

Sanja Branković, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, sanjabrankovic96@gmail.com

Ivan Ivanović, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd, i.ivanovic@sf.bg.ac.rs

Održivi razvoj i održivo planiranje su postali važna celina u procesu planiranja urbanog saobraćajnog sistema. Sastavni deo održivog planiranja podrazumeva razvoj multimodalnog sistema, u kojem planiranje biciklističke infrastrukture igra bitnu ulogu. Tokom planiranja biciklističke rute potrebno je da se uzme u obzir veliki broj faktora koji utiču na izbor najpovoljnije. Postoje različite metode koje se koriste za izbor optimalnih biciklističkih ruta, a zavise od dostupnosti informacija. U radu su predstavljene četiri metode ocene alternativnih biciklističkih ruta. Njihova primena utiče na podizanje kvaliteta planiranja biciklističke infrastrukture sa naglaskom na važnost višekriterijumskog pristupa planiranju. Pored kvantifikativne ocene ruta koju obezbeđuju predstavljene metode, prostorna vizuelizacija uz pomoć GISa može da pomogne planerima u analizi biciklističkog saobraćaja i procesu donošenja odluka.

Ključne reči: planiranje biciklističke infrastrukture, višekriterijumska analiza, održivo planiranje, GIS (Geografski informacioni sistemi)

1. UVOD

Saobraćajni sistem poseduje veliki broj elemenata, koji često nisu u ravnoteži i kontrolisanom stanju ukoliko nisu pod stalnim nadzorom. Za jedan tako složen sistem, kao što je saobraćajni sistem, GIS tehnologija omogućava izrade studija saobraćajnih i transportnih sistema, upravljanje, održavanje, formiranje mreže, pronalaženje najkraćih staza, raspodelu saobraćaja na mreži, određivanje trasa i redova vožnje, formiranje prostornih modela interakcije, formiranje matrica kretanja, raspoređivanje vozila itd. [1]

Upotreba GIS alata za analizu društveno – prostornih podataka, posebno na više prostornih razmera, dozvoljava kreiranje različitih potencijalnih ruta ili čitavih biciklističkih mreža. Osim toga, može da pomogne planeru u donošenju odluka o izboru ruta za biciklistički saobraćaj i dalje u donošenju odluka gde je najpogodnije postaviti biciklističku infrastrukturu. Ovakav pristup osigurava da će troškovi za projektovanje i izgradnju mreže biti bolje uloženi ako se planiranje uskladi sa predviđanjima buduće biciklističke infrastrukture.

Na razvoj metoda za planiranje biciklističkih ruta je uticala kategorija korisnika koje infrastruktura treba da opsluži, odnosno, da li su to isključivo radna kretanja, ili se infrastruktura planira za rekreaciju, turistički obilazak grada i sl. Pored toga, važno je da se prepoznaju zone u kojima se planiraju biciklističke rute. Suština jeste da se pronađe kompromis između ponude i potražnje, kako bi što veći broj korisnika bio opslužen uz što viši nivo usluge, a da se pritom vodi računa o bezbednosti korisnika. Neke od metoda su predstavljene dalje u radu. Fokus je bio na metodama kod kojih se izlazni rezultati mogu jednostavno implementirati u GIS-u i omogućiti kvalitetnu prostornu analizu u procesu donošenja konačne odluke o razvoju mreže biciklističkog saobraćaja.

2. METODE ZA OCENU ALTERNATIVA BIKIKLISTIČKE RUTE

2.1. Indeks nivoa usluge biciklista

Jedan od pristupa za planiranje biciklističke infrastrukture je korišćenje višekriterijumske analize u GIS-u. Tipični modeli planiranja biciklističkih objekata mogu da se podele u dve grupe: modeli zasnovani na ponudi i modeli zasnovani na potražnji. Model zasnovan na ponudi se oslanja na dve sveobuhvatne teorije. Prvi pristup podrazumeva da sve gradske arterije i sabirne ulice moraju da imaju biciklističku infrastrukturu. Drugi, zasnovan na kvantitativnom modelu, poput analize nivoa usluge biciklista ili analize bezbednosti biciklista, infrastrukturu planira na osnovu proračuna. Drugim rečima, kvantitativnom analizom se procenjuju uslovi u saobraćaju. Ova analiza uzima u obzir eksploatacione karakteristike ulica kao što su: ograničenje brzine, procenat teškog teretnog saobraćaja, širina kolovoza itd. [2]

2.1.1 Model zasnovan na ponudi

U analizi izbora načina prevoza, rizik se smatra jednim od osnovnih faktora koji demotivše ljude da koriste bicikl kao sredstvo prevoza. Većina rizika sa kojima se suočavaju biciklisti direktno je povezana sa motorizovanim saobraćajem, ličnom bezbednošću, topografijom, vremenskim uslovima i sveukupnim stresom neposrednog okruženja. Kao rezultat toga, sigurnost je glavna odrednica u izboru biciklističke rute i jedna je od najčešće korišćenih mera za planiranje biciklističke infrastrukture u većini gradskih organizacija za planiranje saobraćaja. Da bi se kvantifikovala sigurnost, različiti istraživači su pokušali da modeliraju "udobnost" biciklističkog saobraćaja, bilo kvantitativno ili kvalitativno. Jedna od popularnih tehnika za merenje "udobnosti" jeste indeks nivoa usluge biciklističkih ruta. Ova mera procenjuje percepciju učesnika o uslovima na mreži. Nivo usluge je u funkciji obima motornih vozila, brzine njihovog kretanja, stanja i širine kolovoza. Landis (1996) je kreirao formulu za izračunavanje indeksa nivoa usluge: [3]

$$BLOS = 0,507 \ln\left(\frac{Vol_{15}}{L_n}\right) + 0,199SP_t(1 + 10,38HV^2) + 7,066\left(\frac{1}{PR_5}\right)^2 - 0,005W_e^2 + 0,76C$$

Gde je:

Vol₁₅ - obim saobraćaja po smeru po 15-o minutnim intervalima;

L_n - broj traka po smeru;

SP_t - ograničenje brzine;

HV - procenat teških teretnih vozila;

PR₅ - ocena stanja površine kolovoza (1 - loše, 5 - dobro);

W_e - prosečna efektivna širina trake.

Dobijeni rezultat predstavlja stepen "udobnosti" (bezbednosti) za biciklistički saobraćaj, a najniži rezultat predstavlja najbolje uslove za bicikliste. Nivo usluge je klasifikovan u šest kategorija koje su prikazane u tabeli 1.

Tabela 1: Vrednosti nivoa usluge biciklističkih ruta

Nivo usluge	Reperna vrednost
A	$\leq 1,5$
B	1,51 – 2,5
C	2,51 – 3,5
D	3,51 – 4,5
E	4,51 – 5,5
F	$> 5,51$

2.1.2 Model zasnovan na potražnji

Modeli potražnje obično koriste zbirne podatke za određivanje protoka iz jedne zone u drugu. Razvijene su različite metode zasnovane na potražnji, koje uključuju različite studije ponašanja, modele diskretnog izbora, analize tržišta i modele potencijalne potražnje za biciklističkom infrastrukturom. [3]

Uticajni faktori koji utiču na potražnju a koji mogu da se koriste su: generatori i atraktori biciklističkog saobraćaja (administrativni centri, škole, rekreativna područja, parkovi), broj saobraćajnih nezgoda, itd. Uz odabrane i rangirane faktore koji utiču na potražnju za putovanjima biciklom, potrebno je sprovesti analizu kojom će se oceniti potencijalna potražnja za biciklističkom infrastrukturom. Za proračun indeksa potencijala potražnje za infrastrukturom, može se koristiti modifikovana metoda jednostavnog aditivnog ponderisanja (SAW) za integraciju svih faktora vezanih sa potražnjom. Prvi korak je izračunavanje normalizovane vrednosti za svaki faktor pomoću linearnih funkcija vrednosti. Postoje dva razloga za normalizaciju ovih faktora. Prvo, vrednosti faktora su značajno različite. Na primer, broj ljudi koji imaju pristup biciklističkoj infrastrukturi je mnogo veći od broja parkova u blizini infrastrukture. Drugo, sa generatorima i atraktorima biciklističkog saobraćaja (pozitivni faktori) i inhibitorima (negativni faktori) treba postupati drugačije. Za generatore i atraktore za bicikliste, što je veća vrednost, veći je potencijal potražnje. Ali za inhibitore bicikala, što je veća vrednost, manji je potencijal potražnje. Zbog toga se koriste linearne funkcije za normalizaciju vrednosti svakog faktora povezanog sa potražnjom.

Rezultujuća vrednost za svaki faktor kreće se od 0 do 1 i uzima u obzir i pozitivne i negativne faktore. Drugi korak je izračunavanje težine za svaki faktor na osnovu njegove rangirane pozicije kroz funkciju ponderisanja. Pristup ponderisanja jednostavno pretvara redosled rangiranja faktora u normalizovane vrednosti težine W_i , tako da se više rangiranom faktoru daje veća težina, a zbir svih pondera jednak je 1.

Sa normalizovanim vrednostima faktora i težinama, indeks potencijalne potražnje se računa kao ponderisani zbir normalizovanih vrednosti faktora.

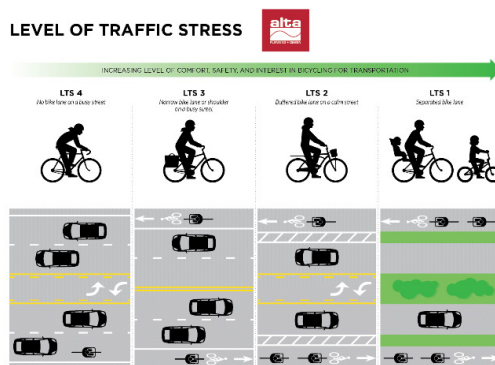
Poslednji faktor u ovoj višekriterijumskoj analizi predstavlja stanovništvo koje može dati procenu potencijalne ponude i potražnje za biciklističkom mrežom.

2.2. Indeks nivoa stresa u saobraćaju

Još jedna korisna metoda za odabir najpovoljnije rute za izgradnju biciklističke infrastrukture jeste prema nivou stresa u saobraćaju (Level of traffic stress LTS). Nivo saobraćajnog stresa je pristup koji kvantifikuje količinu neprijatnosti koju ljudi osećaju kada voze bicikl zajedno sa ostalim motorizovanim saobraćajem. Ova metoda dodeljuje numerički nivo stresa biciklista ulicama i stazama na osnovu atributa kao što su: protok,

brzina, broj traka, frekvencija parkiranja i dr. Kada ulica ima umeren ili visok nivo stresa, to može da bude znak da je biciklistička infrastruktura potrebna u obliku odvojene biciklističke staze, ili pešačko biciklističke staze, da bi se ljudi osećali prijatnije u vožnji. Ova metoda indentifikuje četiri nivoa stresa a svi su vizuelno prikazani na slici 1: [4]

- LTS 4 – Visok stres, pogodan za nekoliko odraslih osoba
- LTS 3 – Umereni stres u saobraćaju, pogodan za neke odrasle osobe
- LTS 2 – Mali stres u saobraćaju, pogodan za većinu odraslih osoba
- LTS 1 – Vrlo nizak stres u saobraćaju – pogodan za decu.



Slika 1: Nivoi stresa u saobraćaju [5]

Da bi se izračunao indeks nivoa stresa u saobraćaju, koristi se modifikovana metoda jednostavnog aditivnog ponderisanja (SAW) za integraciju svih faktora, koja se pominje u prethodnom poglavlju.

Navedeni pokazatelji za dobijanje nivoa stresa u saobraćaju mogu da se lako agregiraju putem tabela za atribute u GIS-u, ArcMAP i drugim programima.

2.3. Indeks kompatibilnosti biciklističkog saobraćaja

Indeks kompratibilnosti biciklističkog saobraćaja na saobraćajnicama mešovitog karaktera (Bicycle Compatibility Index - BCI) je razvijen za segmente gradskih i prigradskih ulica, za primenu u mešovitom saobraćajnom okruženju. Indeks kompatibilnosti se koristi onda kada ne postoji odgovarajuća biciklistička infrastruktura i biciklisti moraju da koriste deo kolovoza za kretanje. Metoda je stvorena da bi se procenila određena sposobnost saobraćajnica da se na njoj istovremeno odvija i motorizovan i biciklistički saobraćaj sa podjednakim tretmanom, a da jedni druge ne ugrožavaju koristeći saobraćajnicu. Ona koristi geometrijske i operativne karakteristike kao što su širina traka, protok vozila, brzina i sl. [6]

Metoda ima jednostavan oblik, budući da je to linearna jednačina koja se sastoji od devet varijabli oblika:

$$BCI = 3,67 - 0,966BL - 0,41BLW - 0,498CLW + 0,002CLV + 0,0004OLV + 0,022SPD + 0,506PKG - 0,264AREA$$

gde je:

BCI – indeks kompratibilnosti bicikala;

BL – prisustvo biciklističke staze ili trake $\geq 0,9$ m– 0: ne; 1: da;

BLW – širina biciklističke trake;

CLW – širina ivičnjaka;

- CLV – protok vozila u ivičnoj traci;
- OLV – protok vozila u drugim trakama;
- SPD – zakonsko ograničenje brzine +15 km/h;
- PKG – prisustvo trake za parkiranje sa više od 30% popunjenosti – 0: ne; 1: da;
- AREA – tip okruženja puta – stambeno okruženje = 1, drugo okruženje = 0.

Dobijeni rezultat predstavlja indeks kompatibilnosti biciklističkog saobraćaja, a najniži rezultat predstavlja najbolje uslove za bicikliste. Nivo usluge je klasifikovan u šest kategorija koje su prikazane u tabeli 2.

Tabela 2: Indeks kompatibilnosti [6]

Nivo usluge	Raspon indeksa	Nivo kompatibilnosti
A	0 – 1,50	Ekstremno visoka
B	1,51 – 2,30	Veoma visoka
C	2,31 – 3,40	Srednje visoka
D	3,41 – 4,40	Srednje niska
E	4,41 – 5,30	Veoma niska
F	> 5,30	Ekstremno niska

Navedena metoda može da bude korisna za deljenje informacija o ulicama koje su pogodne za biciklistički saobraćaj sa biciklistima, u slučajevima kada ne postoji odgovarajuća biciklistička infrastruktura. Ovaj vid informacija može da bude posebno važan u slučaju kada korisnik ne poznaje određeno područje, a želi da koristi bicikl kao prevozno sredstvo.

2.4. Metoda izbora najkraće rute

Kod ove metode, globalni pozicioni sistem (GPS) se koristi za procenu eksploatacionih karakteristika biciklističkih ruta, kako bi se stekao detaljan uvid u ponašanje biciklista i analiziraju rute koje su oni koristili u Geografskom informacionom sistemu (GIS-u). Fokus ovakve metode je na radnim putovanjima i faktorima koji na njih utiču, a oni se razlikuju od faktora koji utiču na korišćenje bicikla za rekreaciju ili sport. Ovakva metoda uglavnom upoređuje rute izabrane od strane biciklista sa najkraćim rutama i pokušava da pronađe razloge zašto ih biciklisti biraju.

Uz dostupnost automatizovane opreme za beleženje izabranih putanja (GPS), sakupljanje podataka o rutama biciklista je postalo mnogo lakše i preciznije. Uz korišćenje GIS-a, pruža se mogućnost da se dobiju precizniji podaci o pređenim rutama i ostvarenim brzinama. Zajedničkim korišćenjem ova dva alata dobijaju se izabrane rute, koje se naknadno upoređuju sa najkraćim rutama između početne i ciljne tačke bicikliste. GPS podaci uključuju: nadmorsku visinu, brzinu, dužinu i vreme putovanja unutar ruta kojima su pridruženi ostali neophodni atributi koji su vezani za ovakvu metodu: hijerarhija ulica, stanje kolovoza i postojanje biciklističke infrastrukture. [7]

Cilj ove metode je procena važnosti atributa koji utiču na preferencije izbora ruta biciklista. Jedna od motivacija je proučavanje izbora putanje prigradskih biciklista kako bi se utvrdila vrsta politike i planirali infrastrukturni programi koji mogu da podstaknu upotrebu bicikla. Iako poređenje između najkraćih i stvarnih puteva može da pruži neke informacije o ponašanju biciklista, u proceduri postoje pretpostavke koje ograničavaju donošenje

zaključaka iz rezultata. Pretpostavlja se da biciklisti u potpunosti znaju svojstva svake rute kao i da vrlo često neki drugi kriterijumi uzimaju prioritet u odnosu na distancu.

Sve navedene metode za planiranje biciklističkih ruta mogu se jednostavno obraditi u nekom od dostupnih GIS softvera (ArcGIS, TransCAD 5.0 i sl.). Akcenat se stavlja na prostornu vizuelizaciju koju GIS omogućava, a koja olakšava sagledavanje prostora u kojem se planira biciklistička infrastruktura.

Na narednoj slici prikazan je primer dobijenih nivoa usluge biciklističkih ruta na pet ulica u okviru saobraćajne mreže grada Valjeva.



Slika 2: Indeksi nivoa usluge biciklističkih ruta u centralnoj zoni Valjeva

3. ZAKLJUČAK

U radu su predstavljene četiri metode koje mogu da pomognu u strateškom planiranju biciklističkih ruta. Njihova osnovna razlika je u tome da li postoji, ili ne postoji biciklistička infrastruktura na posmatranom području i vrsti podataka koji se prikupljaju radi analize. Predstavljene metode ukazuju da nije dovoljno uzimati u obzir samo tehničko - eksploatacione karakteristike saobraćaja, već treba analizirati i socio - ekonomske karakteristike stanovništva koje utiču na potražnju kroz primenu višekriterijumskog pristupa u planiranju biciklističkog saobraćaja. Takođe, veliki značaj ovih metoda se ogleda u tome što donosiocu odluke pružaju mogućnost da kvantifikuje ocene alternative što olakšava proces donošenja odluke. Pored kvantifikacije, kvalitetna prostorna analiza se može obezbediti implamentacijom dobijenih podataka u neki od GIS softvera.

Predstavljene metode nisu uniformne. One u velikoj meri zavise od karakteristika samog grada u kojem se primenjuju i postojeće ulične mreže. Zbog toga, metode treba birati i prilagođavati karakteristikama sredine u kojoj se ova vrsta analize realizuje.

LITERATURA

- [1] Anđelković S, Ivanović I, Primena Gis-a u planovima održive mobilnosti, Tehnika, Vol. 75, br. 2, str. 216-221, 2020.
- [2] Rybarczyk G, Wu C, Bicycle facility planning using GIS and multi-criteria decision analysis, Applied Geography, Vol. 30, br. 2, str. 282–293, 2010.
- [3] Landis W, Bicycle system performance measures. ITE Journal, Vol 66, br. 2, str. 18–26, 1996
- [4] <https://montgomeryplanning.org/wp-content/uploads/2017/11/Appendix-D.pdf>
- [5] <https://blog.altaplanning.com/level-of-traffic-stress-what-it-means-for-building-better-bike-networks-c4af9800b4ee>
- [6] Harkey D, Reinfurt D, Sorton, A, The bicycle compatibility index: A level of service concept, implementation manual, 1998.
- [7] Pereira Segadilha A.B, Suely da Penha Sanches, Analysis of Bicycle Commuter Routes Using GPSs and GIS, Procedia – Social and Behavioral Sciences, Vol 162, str. 198-207,2014.

SUMMARY

METHODS FOR THE ASSESMENT OF ALTERNATIVES IN STRATEGIC PLANNING OF BICYCLE TRAFFIC

Abstract: Sustainable development and sustainable planning have become an important part of the urban transportation system planning process. An integral part of sustainable planning involves the development of a multimodal system, in which cycling infrastructure planning plays an important role. When planning a bicycle route, it is necessary to take into account a large number of factors that influence the choice of the most favorable one. There are different methodologies used to select the optimal cycling routes, and they depend on the availability of data. This paper presents four methodologies for the assessment of the bicycle route alternatives. Their application affects the quality of bicycle infrastructure planning with an emphasis on the importance of a multi-criteria approach. In addition to the quantitative evaluation of the routes provided by the presented methods, spatial visualization in GIS can help transportation planners in bicycle traffic analysis and decision-making process.

Key words: GIS (Geographic Information Systems), cycling infrastructure planning, multicriteria analysis, sustainable planning