

Primena GIS metoda za analizu prostorne preglednosti u zoni pružnih prelaza⁵⁹

Ana Lukić, Putevi Srbije d.o.o., Beograd, ana.lukic@putevi-srbije.rs

Miloš Milosavljević, Putevi Srbije d.o.o., Beograd, milos.milosavljevic@putevi-srbije.rs

Ivana Ilić, Putevi Srbije d.o.o., Beograd, ivana.ilic@putevi-srbije.rs

Katarina Borović, Putevi Srbije d.o.o., Beograd, katarina.borovic@putevi-srbije.rs

Rezime: Bezbednost pružnih prelaza predstavlja značajan izazov u upravljanju saobraćajnom infrastrukturom, posebno na lokacijama gde ograničena preglednost može uticati na blagovremeno reagovanje učesnika u saobraćaju. Tradicionalne metode procene preglednosti često se zasnivaju na terenskim obilascima i subjektivnim procenama, što može ograničiti mogućnost sistematske analize većeg broja lokacija. U radu je prikazana primena geografskih informacionih sistema (GIS) i analiza vidljivosti (Viewshed/Visibility Analysis) u proceni preglednosti pružnih prelaza sa aspekta vozača drumskih vozila. Metodologija podrazumeva korišćenje digitalnog modela površina, geoprostornih podataka o putnoj i železničkoj infrastrukturi i lokacijama pružnih prelaza. Analizom se procenjuje preglednost pružnih prelaza u odnosu na udaljenost, geometriju puta i potencijalne prepreke u prostoru. Predloženi pristup doprinosi objektivnijoj proceni bezbednosti i može predstavljati podršku u procesu planiranja, održavanja i upravljanja saobraćajnom infrastrukturom.

Ključne reči: GIS, analiza preglednosti, pružni prelazi, bezbednost saobraćaja, drumska infrastruktura.

1 UVOD

Pružni prelaz definisan Zakonom o železnici predstavlja mesto ukrštanja železničke pruge koja pripada javnoj železničkoj infrastrukturi, industrijskoj železnici ili industrijskom koloseku i puta u istom nivou, koji obuhvata i ukrštanje tih koloseka sa pešačkom ili biciklističkom stazom [1].

Ukrštanje drumskog i železničkog saobraćaja u nivou predstavlja specifičan element saobraćajne infrastrukture, pri čemu odgovarajuća preglednost ima značajnu ulogu u pravovremenom uočavanju železničke pruge, kretanju vozova i putničkih vozila. Uslovi preglednosti zavise od brojnih faktora, a među njima su i geometrija saobraćajne infrastrukture, konfiguracija terena i prisustvo prepreka u neposrednom okruženju prelaza. Istraživanja sprovedena na pružnim prelazima u Republici Srbiji takođe ukazuju na značaj geometrijskih karakteristika i preglednosti u proceni stanja i bezbednosti ovih lokacija [2].

Primena geografskih informacionih sistema omogućava da se prostorni odnosi u zoni pružnog prelaza analiziraju sistematično i ponovljivo. Jedna od metoda pogodnih za ovu

⁵⁹ CC BY-NC-ND licenca

namenu je Viewshed analiza, kojom se na osnovu digitalnog modela visina i definisanog položaja posmatrača izdvajaju vidljivi i nevidljivi delovi prostora. Savremena istraživanja pokazuju da kombinovanje visinskih podataka i geoprostornih analiza može biti korišćeno za kvantitativnu procenu preglednosti na ukrštanjima puta i železničke pruge [3].

Cilj rada jeste ispitivanje mogućnosti primene GIS alata za analizu prostorne preglednosti u zoni pružnih prelaza. Analiza je sprovedena na pružnim prelazima Orlovat 1 i Medveđa, primenom digitalnog modela visina i geoprostornih podataka o putnoj i železničkoj infrastrukturi. Dobijeni rezultati korišćeni su za poređenje uslova vidljivosti na odabranim lokacijama i identifikovanje prostornih ograničenja koja mogu zahtevati detaljniju terensku proveru.

2 PODACI I METODOLOGIJA

Analiza je sprovedena na dva pružna prelaza na mreži državnih puteva Republike Srbije – Orlovat 1 i Medveđa koji su odabrani kao ogledni primer usled različitih prostornih i topografskih uslova. Podaci o geometriji državnih puteva i lokaciji pružnih prelaza preuzeti su iz geoprostorne baze Puteva Srbije [4]. Podaci o železničkim prugama preuzeti iz Open Street Map otvorene baze podataka [5]. Kao visinska osnova korišćen je Copernicus GLO-30, preuzet putem platforme OpenTopography. GLO-30 predstavlja digitalni model površine (DSM) nominalne prostorne rezolucije 30 m [6]. Svi podaci reprojektovani su u koordinatni sistem WGS 84 / UTM zone 34N (EPSG:32634), kako bi se prostorne udaljenosti i parametri analize izražavali u metrima.

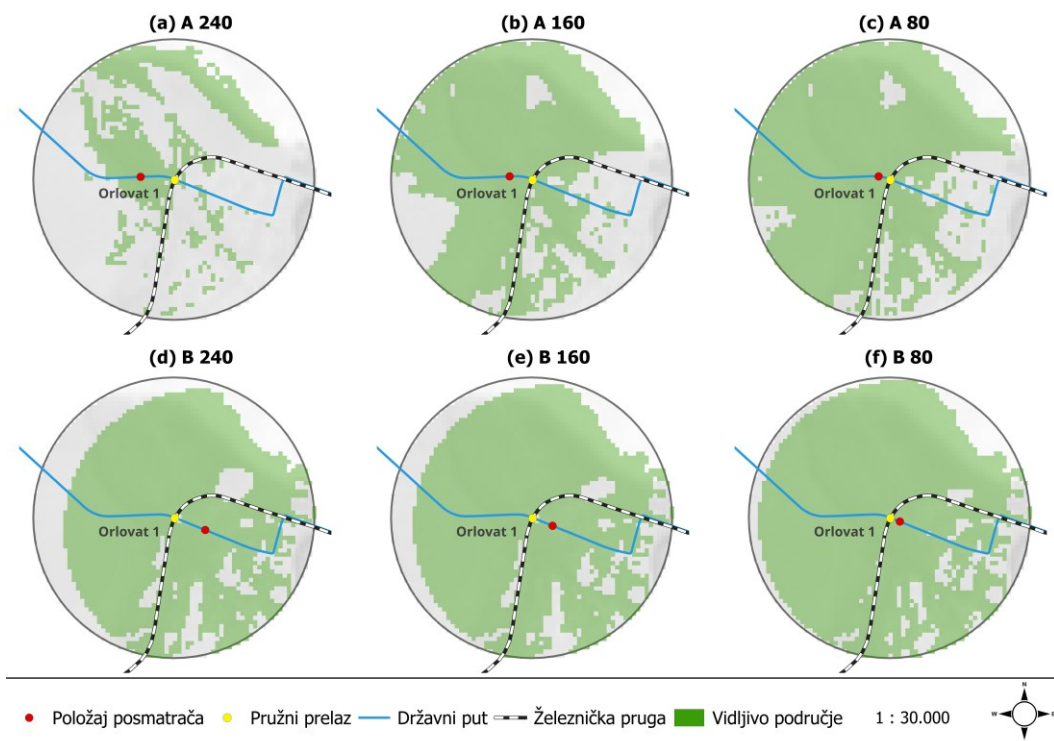
Obrada podataka i geoprostorna analiza sprovedene su u softveru QGIS 3.44. Primljena je Viewshed analiza koja se zasniva na analizi linije vidljivosti između posmatrača i posmatranog cilja, uzimajući u obzir objekte ili elemente površine koji mogu zakloniti pogled [7]. Na oba prilazna pravca puta pružnom prelazu definisana su tri položaja posmatrača iz vozila, na udaljenostima 80, 160 i 240 m od pružnog prelaza. Za svaki od šest položaja sprovedena je Viewshed analiza sa visinom posmatrača od 1,2 m, ciljnom visinom od 0 m i maksimalnom udaljenošću analize od 1.000 m.

Viewshed analizom prostorni obuhvat analize klasifikovan je na vidljive i nevidljive čelije digitalnog modela površina (DSM) u odnosu na položaj posmatrača (vozača).

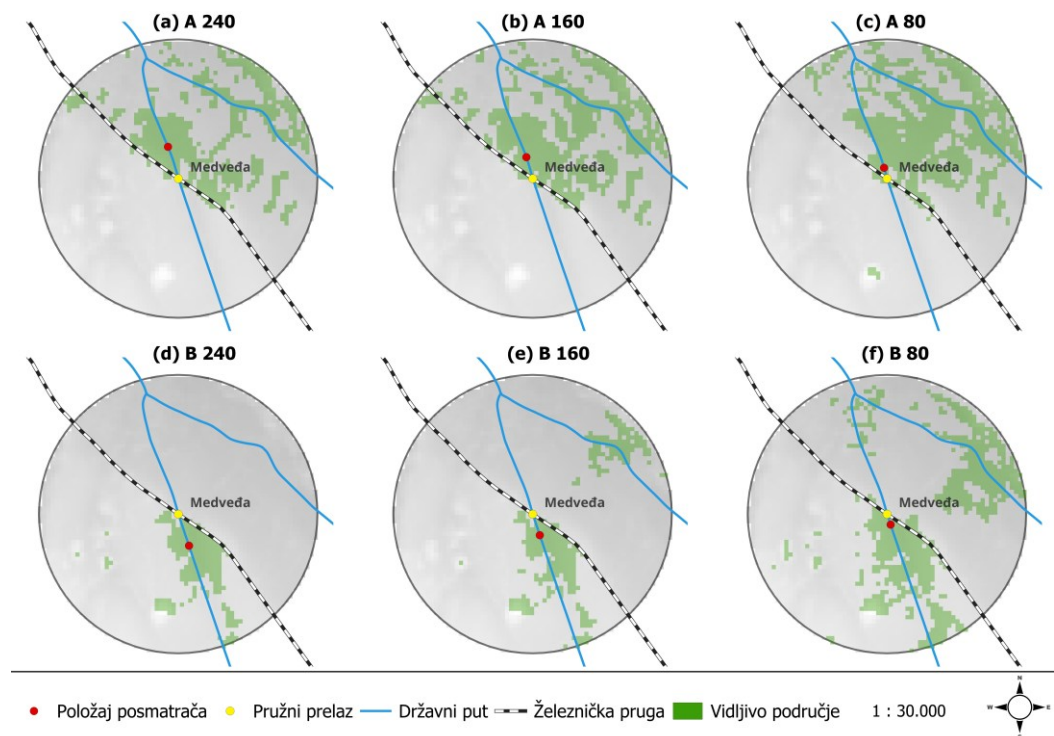
U cilju kvantifikovanja rezultata, duž železničke pruge formirane su kontrolne tačke na svakih 30 m, do udaljenosti od 300 m sa obe strane prelaza, odnosno ukupno 20 tačaka po lokaciji. Za svaki Viewshed (6 po pružnom prelazu) očitana je vrednost u kontrolnim tačkama (vidljiva/nevidljiva). Na osnovu broja vidljivih tačaka izračunat je njihov udeo za svaki položaj posmatrača, posebno po krakovima pruge i ukupno.

3 REZULTATI

Rezultati Viewshed analize ukazuju na izražene razlike u uslovima prostorne preglednosti između analiziranih pružnih prelaza. Na prelazu Orlovat 1 sama tačka pružnog prelaza bila je vidljiva iz svih šest položaja posmatrača, dok je na prelazu Medveđa prelaz bio vidljiv iz sva tri položaja pravca A, ali ne i iz položaja B 80, B 160 i B 240. Prostorna raspodela vidljivih područja za pojedinačne položaje posmatrača za prelaz Orlovat 1 može se videti na slici 1, a za prelaz Medveđa na slici 2, takođe podaci se mogu videti i u tabeli 1.



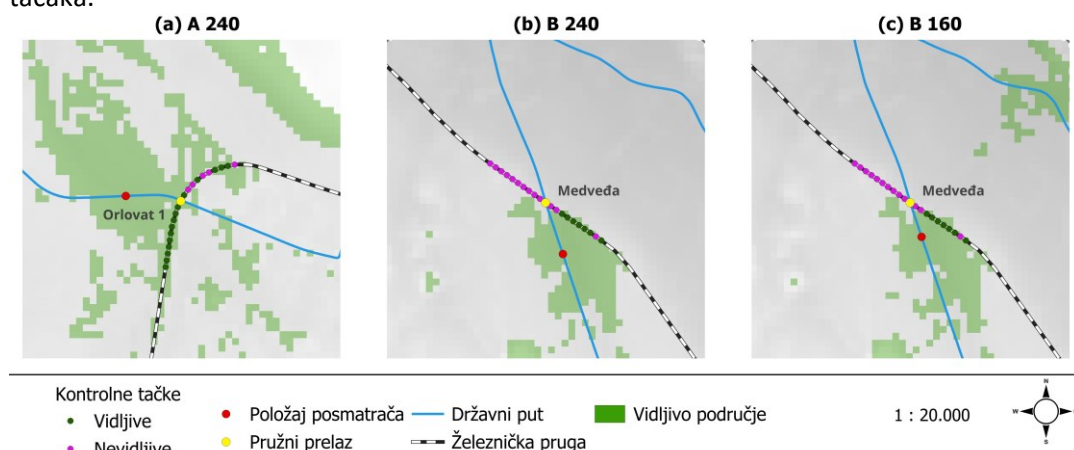
Slika 1: Rezultati analize vidljivosti na pružnom prelazu Orlovat 1 iz šest položaja posmatrača, sa sadatom ciljanom visinom od 0 metara



Slika 2: Rezultati analize vidljivosti na pružnom prelazu Medveđa iz šest položaja posmatrača, sa zatom ciljanom visinom od 0 metara

Analizom kontrolnih tačaka duž železničke pruge uočene su značajne razlike između ova dva pružna prelaza (tabela 1). Na prelazu Orlovat 1 potpuna vidljivost svih 20 kontrolnih tačaka ostvarena je iz pet od šest položaja. Odstupanje je zabeleženo samo iz položaja A 240, iz kojeg je bilo vidljivo 15 od 20 tačaka (75%). Analiza po krakovima pokazala je da je na jednom kraku iz ovog položaja bilo vidljivo 50% kontrolnih tačaka, dok je drugi krak bio u potpunosti vidljiv (slika 3 a).

Na prelazu Medveđa utvrđena su znatno izraženija ograničenja preglednosti. Udeo vidljivih kontrolnih tačaka kretao se od 35% do 75%, u zavisnosti od položaja posmatrača. Najpovoljniji rezultat ostvaren je iz položaja A 240, sa 15 od 20 vidljivih tačaka (75%), dok su najnepovoljniji rezultati dobijeni iz položaja B 160 i B 240 (slika 3 b i c), iz kojih je bilo vidljivo samo 7 od 20 kontrolnih tačaka (35%). U oba slučaja na jednom kraku železničke pruge nije bila vidljiva nijedna kontrolna tačka, dok je na drugom kraku bilo vidljivo 70% tačaka.



Slika 3: Vidljivost kontrolnih tačaka duž železničke pruge na prelazima Orlovat 1 i Medveđa za odabrane položaje posmatrača, sa zadatom ciljanom visinom od 0 m

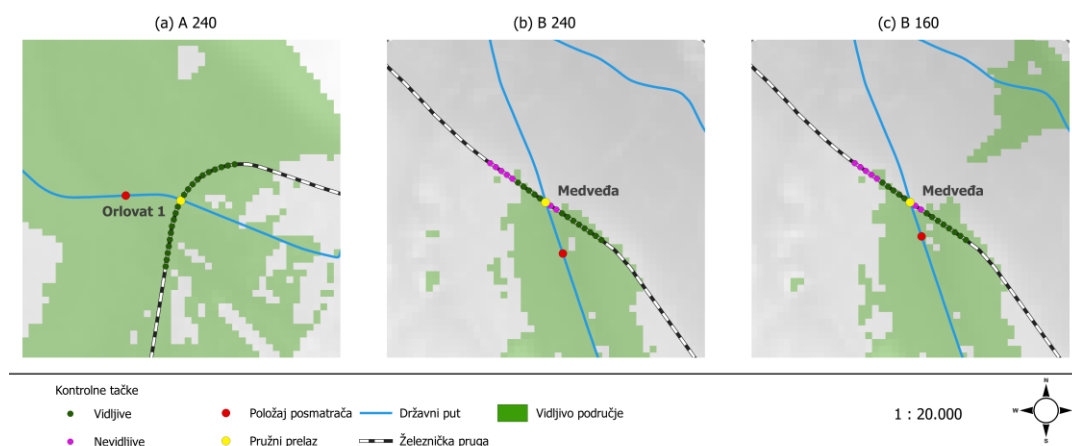
Dobijeni rezultati pokazuju da vidljivost same tačke pružnog prelaza ne mora istovremeno podrazumevati i potpunu preglednost železničke pruge u njegovom neposrednom okruženju. To je naročito uočljivo na primeru Orlovata 1 iz položaja A 240, gde je prelaz vidljiv, dok je na jednom kraku pruge vidljivo svega 50% analiziranih kontrolnih tačaka.

Tabela 1: Rezultati Viewshed analize pri zadatoj ciljanjoj visini od 0 m

Pružni prelaz	Položaj posmatrača	Vidljivost tačke prelaza	Krak 1 - vidljive kontrolne tačke	Krak 2 - vidljive kontrolne tačke	Ukupno vidljive kontrolne tačke
Orlovat 1	A 240	Vidljiva	5/10 (50%)	10/10 (100%)	15/20 (75%)
	A 160	Vidljiva	10/10 (100%)	10/10 (100%)	20/20 (100%)
	A 80	Vidljiva	10/10 (100%)	10/10 (100%)	20/20 (100%)
	B 80	Vidljiva	10/10 (100%)	10/10 (100%)	20/20 (100%)
	B 160	Vidljiva	10/10 (100%)	10/10 (100%)	20/20 (100%)
	B 240	Vidljiva	10/10 (100%)	10/10 (100%)	20/20 (100%)

Medveđa	A 240	Vidljiva	7/10 (70%)	8/10 (80%)	15/20 (75%)
	A 160	Vidljiva	5/10 (50%)	8/10 (80%)	13/20 (65%)
	A 80	Vidljiva	5/10 (50%)	8/10 (80%)	13/20 (65%)
	B 80	Nije vidljiva	5/10 (50%)	8/10 (80%)	13/20 (65%)
	B 160	Nije vidljiva	0/10 (0%)	7/10 (70%)	7/20 (35%)
	B 240	Nije vidljiva	0/10 (0%)	7/10 (70%)	7/20 (35%)

U radu je dodatno sprovedena provera osetljivosti rezultata na ciljanu visinu, pri čemu je za prethodno dobijene najnepovoljnije rezultate za oba pružna prelaza (Orlovat 1 – A 240, Medveđa B 240 i B 160) ciljana visina povećana sa 0 na 1,5 m. Na lokaciji Orlovat 1, iz položaja A 240, udeo vidljivih kontrolnih tačaka povećan je sa 75% na 100%. Na lokaciji Medveđa, iz položaja B 160 i B 240, ukupan udeo vidljivih kontrolnih tačaka povećan je sa 35% na 65%. Ipak, i pored poboljšanja rezultata, tačka pružnog prelaza iz ovih položaja i dalje nije bila vidljiva (slika 4).



Slika 4: Vidljivost kontrolnih tačaka duž železničke pruge na prelazima Orlovat 1 i Medveđa za odabrane položaje posmatrača, sa zadatom ciljanom visinom od 1,5 m

4 DISKUSIJA

Dobijeni rezultati pokazuju da se uslovi prostorne preglednosti mogu značajno razlikovati između pojedinih pružnih prelaza i između različitih prilaznih pravaca istog prelaza. Kod prelaza Orlovat 1 utvrđeni su pretežno povoljni uslovi preglednosti, dok su kod prelaza Medveđa utvrđena izraženija ograničenja, posebno sa prilaznog pravca B. Rezultati takođe pokazuju da sama vidljivost tačke pružnog prelaza ne mora podrazumevati i potpunu preglednost železničke pruge u njegovom neposrednom okruženju.

Viewshed analiza pokazala se kao koristan alat za preliminarno sagledavanje prostorne preglednosti, jer omogućava vizuelizaciju promena vidljivosti pri približavanju pružnom prelazu. Prednost ove analize je mogućnost primene jedinstvene metodologije na više pružnih prelaza, što može biti značajno prilikom početnog izdvajanja prelaza koji zahtevaju detaljniju analizu. Takođe, promenom vrednosti visine posmatrača i ciljane visine menja se geometrija linije vidljivosti između posmatrača i cilja, pa se u zavisnosti od

konfiguracije terena i položaja prepreka mogu dobiti različiti rezultati. Zbog toga je pri tumačenju Viewshed analize važno jasno definisati i obrazložiti usvojene parametre.

Kako je u analizi korišćen Copernicus GLO-30 digitalni model površine (DSM), nominalne prostorne rezolucije 30 m, pojedinačna stabla, ograde, stubovi, saobraćajna signalizacija i manji objekti nisu potpuno pouzdano predstavljeni u modelu, iako mogu značajno uticati na stvarnu preglednost. Zbog toga rezultate treba tumačiti kao preliminarnu prostornu procenu, a ne kao zamenu za terenska merenja i proveru stvarnog stanja. Njihova najveća vrednost ogleda se u identifikaciji potencijalno problematičnih lokacija i usmeravanju detaljnijih analiza.

Dodatno unapređenje metodologije moguće je primenom modela površine veće rezolucije, LiDAR podataka i detaljnijih podataka o objektima i vegetaciji, čime bi se omogućilo preciznije modelovanje prepreka i procena uslova vidljivosti.

5 ZAKLJUČAK

Sprovedena analiza pokazala je da GIS alati i Viewshed analiza mogu pružiti korisnu preliminarnu procenu prostorne preglednosti u zoni pružnih prelaza. Cilj rada je realizovan kroz identifikovanje uslova vidljivosti, pri čemu je Orlovat 1 pokazao pretežno povoljne uslove, dok su na Medveđi utvrđena izraženija ograničenja, posebno sa prilaznog pravca B. Predloženi pristup može poslužiti za identifikaciju potencijalno problematičnih lokacija i prepoznavanje potrebe za sprovođenje detaljnijih terenskih analiza.

LITERATURA

- [1] Zakon o železnici („Sl.glasnik RS“, br. 41/2018 i 62/2023)
- [2] Agencija za bezbednost saobraćaja (2018.). Istraživanje stanja bezbednosti saobraćaja u zonama pružnih prelaza. Beograd.
- [3] Naghdi, M., Lautala, P. T., Erfani, A. (2024). Assessing visibility at highway-rail grade crossings using light detection and ranging (LiDAR) technology. *Heliyon*, 10(22), e40347. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e40347.
- [4] Baza podataka o pružnim prelazima – Putevi Srbije (2026.) Stanje na dan 01.08.2026.
- [5] OpenStreetMap contributors. OpenStreetMap. Open Database License (ODbL). Dostupno na: OpenStreetMap, Stanje na dan 01.08.2026.
- [6] European Space Agency / Airbus Defence and Space. Copernicus DEM – Global and European Digital Elevation Model (GLO-30). Dostupno na: OpenTopography, Stanje na dan 01.08.2026.
- [7] Ren, L., Cao, Y. (2021). GIS-Based Viewshed Analysis on the Conservation Planning of Historic Towns: The Case Study of Xinchang, Shanghai. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVI-M-1-2021, 609–616. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-M-1-2021-609-2021>.

SUMMARY

Application of GIS Methods for Spatial Visibility Analysis in Railway Level Crossing Zones

Abstract: The safety of railway level crossings represents a significant challenge in transport infrastructure management, particularly at locations where limited visibility may affect the timely response of road users. Traditional methods for assessing visibility are often based on field inspections and subjective evaluations, which may limit the possibility of systematically analysing a larger number of locations.

This paper presents the application of Geographic Information Systems (GIS) and visibility analysis (Viewshed/Visibility Analysis) for assessing visibility conditions at railway level crossings from the perspective of road vehicle drivers. The methodology involves the use of a digital elevation model, geospatial data on road infrastructure, and railway level crossing locations. The analysis assesses crossing visibility in relation to distance, road geometry, and potential spatial obstacles.

The proposed approach contributes to a more objective safety assessment and may provide support in the planning, maintenance, and management of transport infrastructure.

Key words: GIS, Viewshed analysis, railway level crossings, traffic safety, road infrastructure.