



Filip Trpčevski¹, Sanja Fric², Vladan Ilić³

TRODIMENZIONALNA OPTIČKA KONTROLA TRASE PUTEVA

Rezime

Moderan proces projektovanja zahteva prostorno sagledavanje trase puta. Rezultati koji se dobijaju svođenjem problema na dvodimenzionalne predstave (situacioni plan, podužni i poprečni profil) nisu garant skladne i bezbedne geometrije puta. Čak i kada je put po pojedinim izolovanim projekcijama projektovan u skladu sa propisanim geometrijskim parametrima, moguće je da nakon gradnje i sklapanja sve tri projekcije u jednu prostornu celinu, taj put krije izvesne optičke obmane i navodi vozača na pogrešne zaključke. Računarska 3D animacija jeste osnova modernih optičkih analiza i često se samo na taj način mogu uočiti i proceniti delikatni optički fenomeni putne geometrije.

Ključne reči : *Optičke analize, bezbednost , animacije, optički fenomeni*

3D OPTICAL CONTROL IN ROADS

Abstract

Modern design process requires 3D analyses of the road alignment are indispensable. Simple 2D analyses by projections do not guaranty fluent and comprehensible geometry of the road. Even if the specific design parameters meet the design criteria by isolated projections, the whole 3D picture of the constructed road may seduce the driver and provoke inappropriate reactions. Computer 3D animation is a must in the modern optical analyses of the road and, perhaps, is the only way of identifying delicate optical phenomena in the road geometry.

Key words : *Optical analysis, safety, animations, optical phenomena*

¹ master inž. grad.

² Asistent, dipl. građ. inž., Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73

³ Asistent, master inž. grad., Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73

1. UVOD

Trodimenzionalno trasiranje predstavlja najsloženiju komponentu u procesu projektovanja geometrije puta. Postoje mnoge preporuke i pravila za postizanje optički dobre prostorne trase, bazirane na praktičnim iskustvima. Međutim, precizno definisani projektni kriterijumi sa posebnim naglaskom na bezbednost saobraćaja još ne postoje.

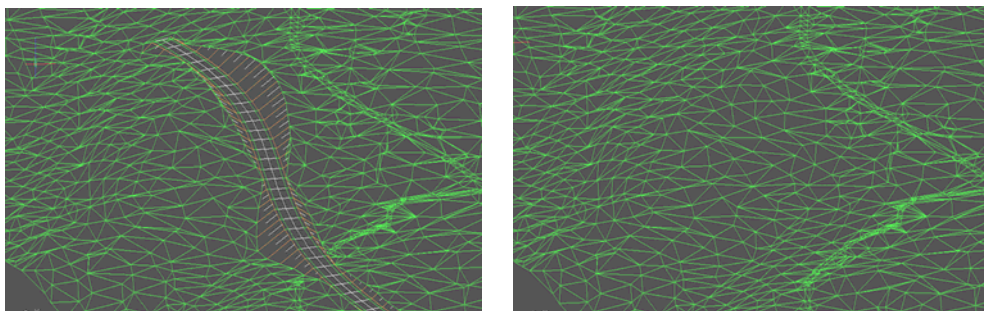
U projektantskoj praksi prostorni tok puta, zbog složenosti problema, svodi se na dvodimenzionalne predstave (situacioni plan, podužni i poprečni profil). Međutim, veliki broj saobraćajnih nezgoda na putevima javlja se usled vizuelnih nedostataka puta, posmatrano s pozicije oka vozača.

Optičke kontrole puteva imaju veliki značaj pri određivanju stepena ostvarivanja projektovanog nivoa usluge na putevima. Bitno je napomenuti da veliki uticaj na bezbednost puteva ima preglednost. Prilikom određivanja prave vrednosti preglednosti koju je u datim prostornim ograničenjima moguće ostvariti pri rehabilitaciji postojećeg puta, često nije dovoljno posmatrati problem odvojeno po projekcijama i primeniti klasične dvodimenzionalne analize. Mora se uzeti u obzir kompletna slika puta i okoline u trodimenzionalnom prostoru.

2. TRODIMENZIONALNE KONTROLE

Osnovni preduslov za trodimenzionalne kontrole predstavlja kvalitetno napravljen digitalni model terena (slika 1), kao i prostorno uklopljen digitalni model trupa puta u teren (slika 2).

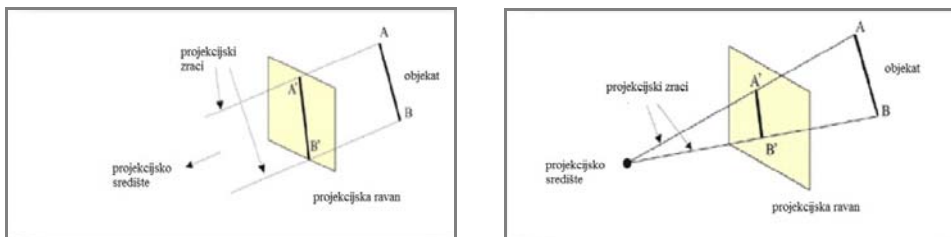
Digitalni model terena DTM (*Digital Terrain Model*) je numerička i matematička predstava terena. Dobijena je korišćenjem odgovarajućih visinskih i položajnih merenja, kompatibilnih u gustini i rasporedu sa terenom, tako da visina bilo koje tačke na obuhvaćenom terenu može automatski da se dobije interpolacijom uz odgovarajuću tačnost. Pod terminom DTM podrazumevaju se baze sa TIN (*Triangulated Irregular Network*) strukturom podataka, koju čine nepravilno raspoređene, najčešće originalno merene tačke na terenu, koje predstavljaju temena mreže nepravilnih nepreklapajućih trouglova.



Slika 1 i 2: Digitalni model terena i trupa puta

Statička perspektivna slika puta ili dinamička animacija kretanja duž puta predstavljaju osnovu za bilo kakve značajnije optičke kontrole trase.

Kod perspektivnih projekcija udaljenost projekcijskog središta i projekcijske ravni je konačna (slika 3), dok je kod paralelnih projekcija ta udaljenost beskonačna (slika 4).



Slika 3 i 4: Perspektivna i paralelna projekcija

Perspektivna projekcija u trodimenzionalnom softveru je fundamentalni koncept bez koje je nezamisliva interaktivna korisnička aplikacija za optičke kontrole.

Na osnovu numeričkih podataka o trasi (situacioni plan, podužni profil, poprečni profili) formiramo bazu tačaka u X, Y, Z sistemu. Za trodimenzionalne kontrole potrebno je da se numerika trase „preslika“ na ekran. Očna tačka postavlja se na željenu stacionažu u približno istom položaju gde se nalazi i vozač u samom automobilu (1,5 m od desne ivice puta i 1,1 m iznad kolovoza). Vizura se usmeri ka nekoj zadatoj stacionaži ispred.

U softverskom paketu *AutoCAD*, bez obzira da li se model radi u *Civil-u* ili *GCM-u*, veoma je lako generisati putanju u formi 3D *polyline*-a.



Slika 5 i 6: 3D *polyline* po definisanoj putanji

3D *polyline* dobija se na osnovu definisanog *string*-a tačaka. *String* predstavlja skup povezanih tačaka koje se nalaze duž trase puta na određenom međusobnom rastojanju. To su najčešće mesta na kojima su definisani poprečni profili (slike 5 i 6).

Isto tako, definiše se i 3D *polyline* ispod ove putanje, a koji leži tačno na površini kolovoza i koji predstavlja putanju ciljne tačke. Na ovaj način stvorene su dve prostorno nezavisne trodimenzionalne putanje duž kojih će se kretati oko vozača, odnosno, ciljna tačka.

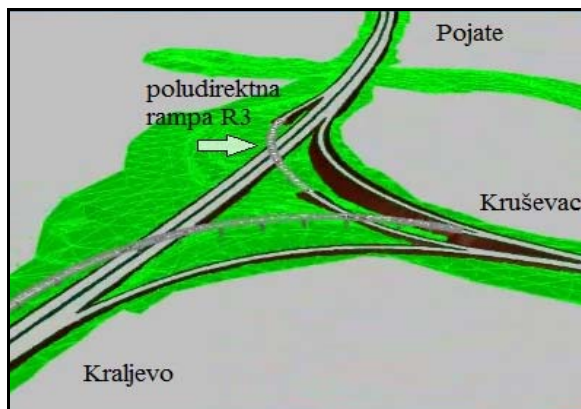
2.1 KONTROLA TRASE KOMANDOM ANIPATH

Verzija AutoCAD-a 2007 donosi novinu koja omogućuje izradu animacije kretanja duž trase. Animaciju je moguće napraviti unutar samog AutoCAD-a, za razliku od ranije procedure koja je zahtevala izradu u posebnom softveru. Pravi se pomoću novorazvijene komande ANIPATH. Potrebno je zadati dve putanje: prva po kojoj se kreće kamera („očna tačka”) i druga po kojoj se kreće ciljna tačka. Takođe, potrebno je zadati rezoluciju, odnosno kvalitet slike, učestalost proračuna slike (Frame Rate – slika po sekundi) i trajanje cele animacije. Može se primetiti da nije ponuđena opcija za unos brzine kretanja kamere zato što ona direktno zavisi od zadatog trajanja animacije i brzine kojom se kreće posmatrač tj. oko vozača.

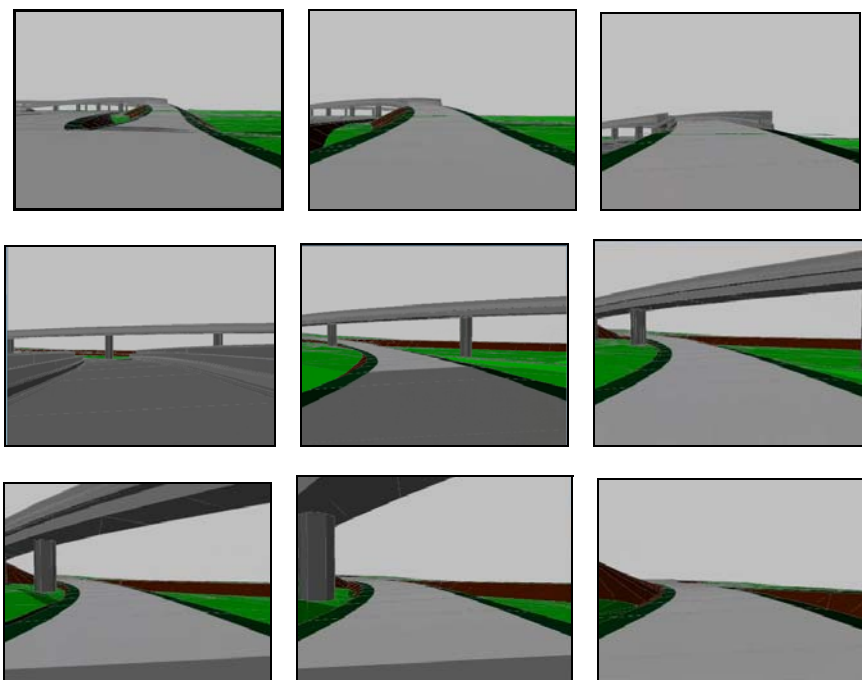
Za definisane putanje (slike 5 i 6), automatski se zakači glif kamere. Moguće je naknadno pristupiti ovom glifu komandom DDEDIT i, po potrebi, promeniti žižnu daljinu kamere sa standardnih 50 mm na neku drugu vrednost.

Kamera se kreće zadatom putanjom i pogledom prati putanju ciljne tačke. Kako bi se obezbedilo da kamera uvek prati određenu tačku koja se nalazi ispred, najbolje je „odseći” prvih 40 m putanje ciljne tačke i poslednjih 40 m putanje kamere.

Način primene ove komande biće najbolje demonstriran slikama koje slede. Na slici 7. data je denivelisana raskrsnica „Kruševac”, a na nizovima slajdova na slici 8. fragmenti animacije kretanja duž njene poludirektno rampe R3. Ova rampa je izabrana zbog njene specifičnosti jer prvo treba da pređe preko autoputa, iz pravca Pojata, a onda na malom rastojanju da se spusti ispod poludirektno rampe R2.



Slika 7: Idejno rešenje denivelisane raskrsnice „Kruševac”



Slika 8: Fragmenti animacije kretanja poludirektnom rampom R3 denivelisane raskrsnice „Kruševac”

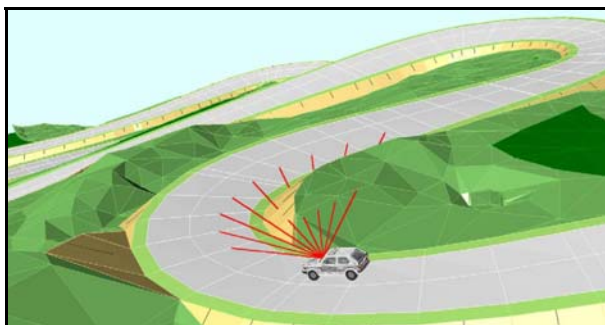
Model je kreiran korišćenjem softverskog paketa GCM2009, a animacija komandom ANIPATH (AutoCAD 2010). Radijusi vertikalnog zaobljenja na poludirektnim rampama projektovani su za računsku brzinu od 70km/h, a na direktnim rampama za 80km/h.

Animacije za indirektno rampe imaju određene specifičnosti. Dok je za poludirektno i direktno rampe korišćena vizura dužine 40 m, ovde se koristi vizura od svega 15 m. Ovako kratka vizura mora se primeniti kako se pogled kamere ne bi prebacio sa jedne na drugu stranu rampe, pri okretu kroz indirektnu rampu. Na ovaj način ne dolazi do preskakanja dela kolovoza ispred vozača. Korak modela bi trebalo smanjiti da bude oko 2,5 m, veći koraci izazivaju lomove kolovoza u vidnom polju vozača. Takođe, treba voditi računa o konstantnoj brzini animacije. Predlaže se zadavanje dužeg trajanja animacije, što će za posledicu imati sporije kretanje na pravicima, ali će kretanje duž indirektno rampe biti kvalitetnije sagledano.

2.2 KONTROLA RASPOLOŽIVE PREGLEDNOSTI

Verzija softvera GCM++(2013) omogućuje određivanje raspoložive preglednosti duž trase puta, za koji je napravljen digitalni model terena. Princip je da se vozilo pomera po poprečnim profilima, držeći standardni bočni i visinski pomak u odnosu na desnu ivicu kolovoza. Na svakom profilu se iz oka vozača lansira niz vizuru. Za svaku vizuru se proverava da li probija neki od trouglova modela. Raspoloživa preglednost se

prostire od mesta posmatranja, a završava se ispred stacionaže na kojoj vizura ima „prodor sa terenom” (slika 9).



Slika 9: Utvrđivanje raspoložive preglednosti

3. ZAKLJUČAK

Uočavanje optičkih mana pojedinih deonica često se dešava tek tokom eksploatacije. Problem se najčešće pokušava ispraviti standardnim merama kao što su ograničenje brzine ili postavljanje „crnih tačaka”. Problemima bezbednosti vožnje mora se posvetiti izuzetna pažnja, a optičke kontrole predstavljaju značajnu ulogu u utvrđivanju stepena sigurnosti date trase.

Nezavisno posmatranje tri projekcije, situacioni plan, podužni i poprečni profil, sa postojećim projektnim standardima nisu garancija kvalitetnih rešenja. U cilju modernog projektovanja puta, koji u vizuelnom pogledu pruža pozitivne utiske i vozačima uliva osećaj sigurnosti, put se mora posmatrati kao prostorni objekat.

LITERATURA

- [1] D. Gavran, *“Metode optičkih analiza”*, Seminar "Metodologija projektovanja i izrade tehničke dokumentacije vangradskih puteva", 14-15. decembar 1989. Beograd: Građevinski fakultet, 1989. s. 211-228.
- [2] R. Bošković, *“Trodimenzionalna analiza raspoložive preglednosti u procesu projektovanja puteva”*, magistarska teza, Beograd, Srbija, 2001.
- [3] G. Đajić, *“Razvoj interaktivnog sistema za trodimenzionalnu analizu raspoložive preglednosti”*, diplomski rad, Beograd, Srbija, 2006.
- [4] B. Bajat, *“Digitalni modeli terena LIDAR i SAR”*, predavanja, Građevinski fakultet, Beograd, Srbija, 2011.
- [5] S. Đorđević, *“Projekcije”*, predavanja, Elektrotehnički fakultet, Niš, Srbija, 2008.
- [6] A. Vojo, *“Značaj upravljanja crnim tačkama na putevima”*, pp prezentacija, Upravljanje crnim tačkama na putevima, Direkcija za puteve Republike Srbije, Srbija, 2005.
- [7] V. F. Babkov, *“Road conditions and traffic safety”*, Moscow, Russia, 1975.