

SAGLEDAVANJE USKLAĐENOSTI TRASE PUTA KROZ 3D MODEL

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.

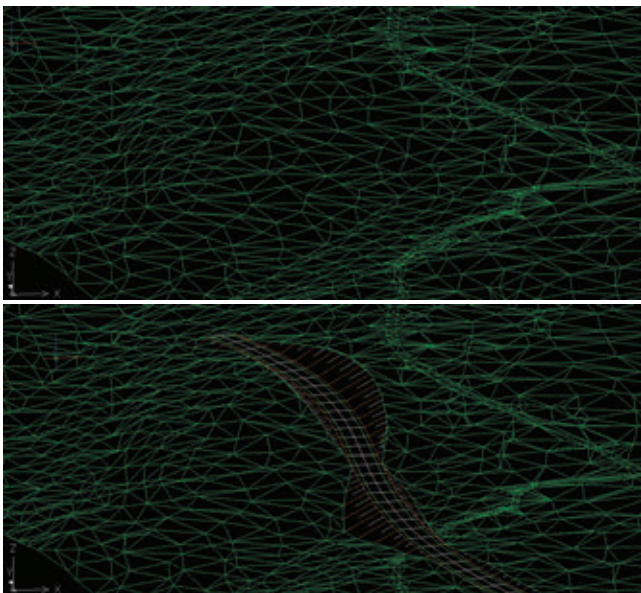
Uvod

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.

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).

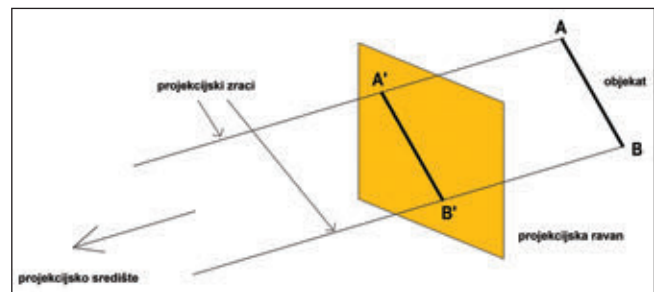
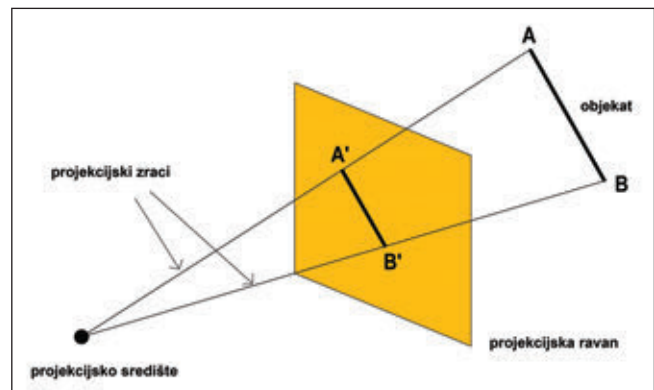


Slike 1 i 2: Digitalni model terena i trupa puta

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*) stukturuom podataka, koju čine nepravilno raspoređene, najčešće originalno merene tačke na terenu, koje predstavljaju temena mreže nepravilnih nepreklapajućih trouglova.

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).



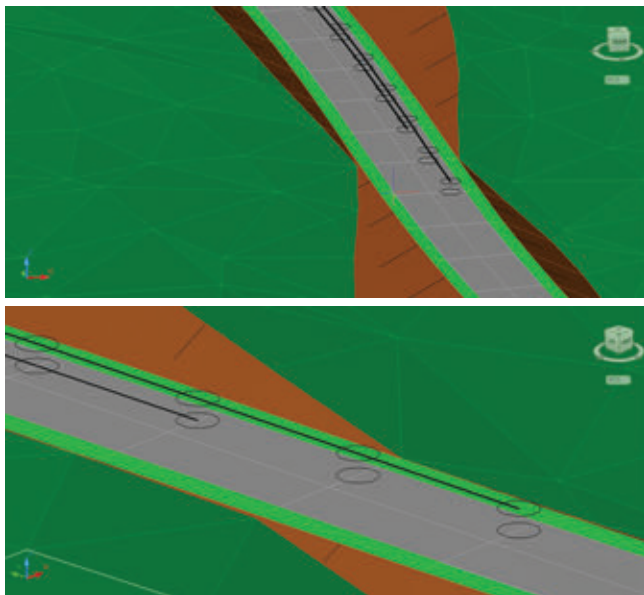
Slike 3 i 4: Perspektivna i paralelna projekcija

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.

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).



Slike 5 i 6: 3D polyline po definisanoj putanji

Isto tako, definiše se i 3D polyline ispod ove putanje, a koji leži tačno na površini kolovoza i koji predstavlja putanju ciljne tačke.

Kontrola trase komandom Anipath

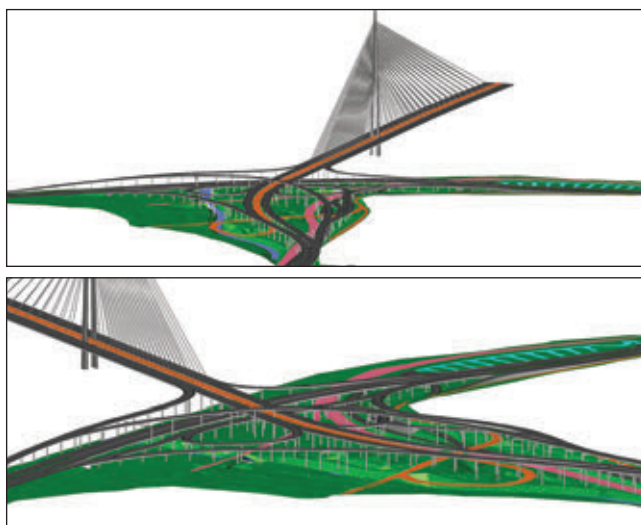
Verzija AutoCAD-a 2007 donosi novinu koja omogućuje izradu animacije kretanja duž trase. Animaciju je moguće napraviti unutar samog AutoCAD-a, za razliku od ranije procedure koja je zahtevala izradu u posebnom softveru. Pravi se pomoću komande ANIPATH. Potrebno je zadati dve putanje: prva po kojoj se 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 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.

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.

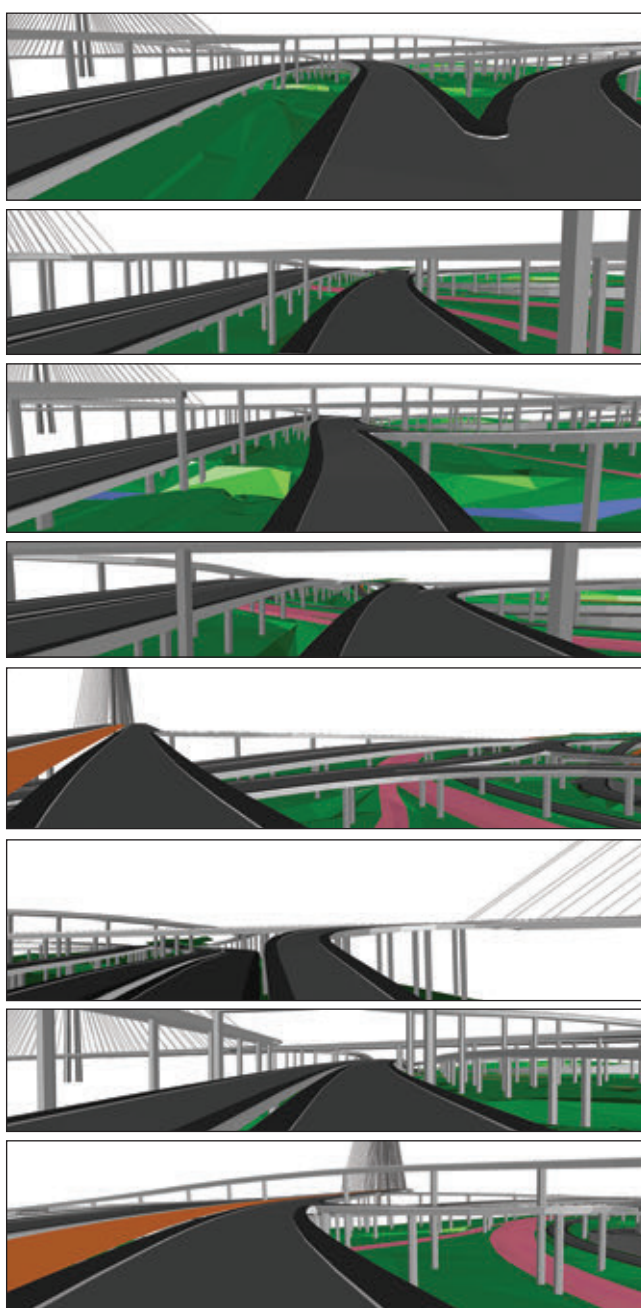
Kamera se kreće zadatom putanjom i pogledom prati putanju ciljne tačke. Kako bi se obezbedilo da kamera uvek prati određenu tačku koja se nalazi ispred, najbolje je „odseći“ prvih 40 m putanje ciljne tačke i poslednjih 40 m putanje kamere.

Način primene ove komande biće najbolje demonstriran slikama koje slede. Na slici 7. data je denivelisana raskrsnica „Radnička“, a na nizovima slajdova na slici 8. fragmenti animacije kretanja duž njenih direktnih i indirektnih rampi.

Model je kreiran korišćenjem softverskog paketa GCM++, a animacija komandom ANIPATH (AutoCAD 2016). Radijusi



Slika 7: Idejno rešenje denivelisane raskrsnice „Radnička“



Slika 8: Fragmenti animacije kretanja direktnim i indirektnim rampama denivelisane raskrsnice „Radnička“

vertikalnog zaobljenja na direktnim rampama projektovani su za računsku brzinu od 80 km/h, a na indirektnim rampama za 40 km/h.

Animacije za indirektnne rampe imaju određene specifičnosti. Dok je za poludirektnu i direktnu rampu 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 zadržavanje dužeg trajanja animacije, što će za posledicu imati sporije kretanje na pravicima, ali će kretanje duž indirektnih rampe biti kvalitetnije sagledano.

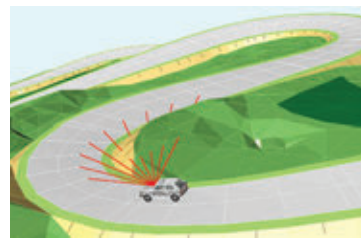
Kontrola raspoložive preglednosti

Verzija 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 vizura. 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).

Zaključak

Moderan proces projektovanja zahteva prostorno sagledavanje trase 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. 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. Računarska 3D animacija jeste osnova modernih optičkih analiza i često se samo na taj način mogu uočiti i proceniti delikatni optički fenomeni putne geometrije.

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. ■



Slika 9: Utvrđivanje raspoložive preglednosti



- Planska dokumentacija
- Projektna dokumentacija
- Kontrola projektne dokumentacije
- Nadzor nad izvođenjem radova
- Tehnički prijem izvedenih radova

SIMM inženjering d.o.o.

Ivana Milutinovića 19, 81000 Podgorica, Crna Gora
Tel/fax: +382 20 244 202
Email: simm@t-com.me / office@simm.me
www.simm.me