



## GEOMETRIJSKO MODELIRANJE SITUACIJA U SAOBRAĆAJU PRIMENOM RAČUNARA

Milina Živanović, Aleksandar Trifunović, Dragan Lazarević

Saobraćajni fakultet, Beograd

### Abstract:

U ovom radu biće prikazano geometrijsko modeliranje različitih situacija u saobraćaju, načini i mogućnosti primene računarskih programa u oblasti analize saobraćajnih nezgoda. Razvoj savremenih računarskih tehnologija i programskih paketa omogućava, osim idejnih grafičkih prikaza u inženjerskom projektovanju i računarske grafike uz web dizajn i animacije, primenu računara i za geometrijsko modeliranje situacija u saobraćaju. Povećanje performansi računara olakšava stalni razvoj CAD (Computer Aided Design) programa i upotrebu digitalne grafike visoke rezolucije, koji se koriste za geometrijsko modeliranje različitih situacija u saobraćaju, a posebno, za precizniju rekonstrukciju događaja i restituciju saobraćajnih nezgoda. Grafičke mogućnosti dozvoljavaju geometrijsko modeliranje realnosti u saobraćaju kreiranjem animacija. Sve je veći broj specijalizovanih računarskih programa namenjenih različitim tehničkim aspektima u oblasti rekonstrukcije, simulacije i analize saobraćajnih nezgoda. Ovi programi, mogu se podeliti na različite kategorije, obzirom na mogućnosti primene. Pogodni su za aplikacije kod geometrijskog modeliranja saobraćajnih situacija, restituciju i analizu okolnosti i uzroka nastanka različitih tipova saobraćajnih nezgoda.

### Key words:

geometrijsko modeliranje.  
primena računara.  
saobraćaj.

## UVOD

Geometrijsko modeliranje različitih situacija u saobraćaju primenom računara uz odgovarajuće računarske programe ima značajne mogućnosti primene. Veliku ulogu u rešavanju problema zastoja i u regulisanju saobraćaja za geometrijsko modeliranje saobraćajnog toka ima korišćenje računarskog programa SimTaffic. Mogućnosti primene su i u oblasti analize različitih tipova saobraćajnih nezgoda. Razvijeni računarski programi zasnovani na „Crash“ i „Smac“ metodama, za analizu uzroka, omogućavaju geometrijsko modeliranje rekonstrukcije i restitucije situacije. „Crash“ metoda podrazumeva optimizaciju geometrijske analize saobraćajne nezgode (program pokušava da simulira saobraćajnu nezgodu što je realnije moguće, sa najmanjom mogućom greškom), dok „Smac“ metoda ne podržava takve mogućnosti.

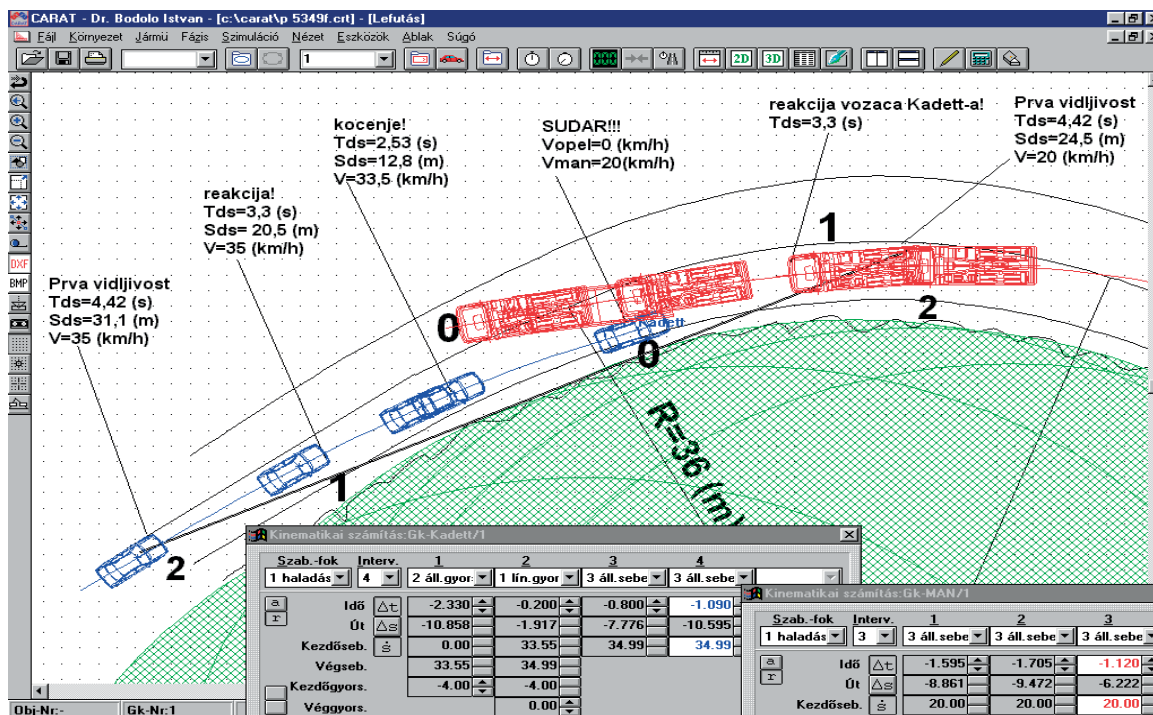
U SAD je razvijen prvi ovakav program, a u JARI (Japan Automobile Research Institute), razvijani su računarski sistemi za geometrijsko modeliranje saobraćajnih nezgoda u cilju analize udara automobila u pešaka [1]. Geometrijsko modeliranje saobraćajnih nezgoda omogućava forenzičarima, jasno sagledavanje situacije i utvrđivanje uzroka različitih povreda, žrtava saobraćajnih nezgoda i u slučajevima u kojima su učestvovali motociklisti, uključujući vozača i suvozača motocikla [2]. Geometrijsko

modeliranje primenom računara pomaže u analizi situacije, koja je dovela do događaja i za procenu mogućnosti vozača, da izbegne saobraćajnu nezgodu.

Svaka analiza stvarnog procesa počiva na situacionom planu (mapi), odnosno detaljnoj podlozi, do koje se dolazi uz pomoć podprograma za crtanje ili skeniranjem pogodnih fotografija ili policijske skice sačinjene na uviđaju. Za crtanje podloga koristi se „AutoCAD“. U okviru crteža lica mesta, koji može biti prikazan u željenom nagibu kolovoza, mogu se definisati objekti, koji imaju masu i/ili svojstva podloge (drvo, zid, ograda, ..., led, blato, voda na putu), što se uvažava prilikom geometrijskog modeliranja kretanja vozila ili naleta. Crteži se mogu predstaviti u 2D ili 3D formatu.

## RAČUNARSKI PROGRAMI ZA GEOMETRIJSKO MODELIRANJE

Specijalizovani računarski programi namenjeni analizama saobraćajnih nezgoda su: „CARAT“ (Computer Aided Reconstruction of Accident in Traffic), „PC Crash“, „Virtual Crash“, „Analyzer Pro“. Prošli su kroz složen postupak verifikacije, u vidu komparacije dobijenih izlaznih rezultata sa rezultatima eksperimenata sprovedenih na ispitnim poligonima. U osnovi predstavljaju pomoć za odgovarajući geometrijski model, zasnovan na složenim



Sl.1 Izgled radnog okruženja programa CARAT

matematičko-fizičkim i empirijskim zavisnostima. Većina računarskih programa u sebi sadrži module za vizuelizaciju u 2D i 3D formi, koji se koriste za geometrijsko modeliranje. Ovom se jasno vizuelno prikazuje situacija, umesto, za većinu nerazumljivih, analitičkih složenih matematičkih zavisnosti.

Za geometrijsko modeliranje saobraćajne nezgode, primenom računarskog programa koriste se grafičke datoteke, (mape), u sledećim formatima: Bitmap (\*.BMP) Encapsulated Postscript (\*.EPS), Graphic Interchange Format (\*.GIF), JPEG (\*.JPG), PCX (\*.PCX), TIFF (\*.TIF). U većini slučajeva dovoljna je rezolucija mape od 100-300 DPI (dots per inch). Vrlo često programi za geometrijsko modeliranje ne podržavaju neke formate. Poželjno je pre analize nezgode proveriti formate materijala za analizu, da bi bio kompatibilan programu u kome se obrađuje.

Datoteke mesta saobraćajne nezgode, koriste podlogu nacrtanu primenom CAD računarskih programa („AutoCAD“, „AutoSketch“ i dr.). Realan prikaz slike sa mesta saobraćajne nezgode, zasniva se na fotogrametrijskim analizama, koje omogućavaju računarski programi: FOTOGGRAM, AICALC, TRANS i EDCAD.

Nakon unosa crteža u program, prepoznaju se samo osnovne boje (crna i bela), a ostale boje su promenjene u crno, tako da je neke objekte potrebno ponovo nacrtati ili obojiti. Grupisanje objekata po slojevima (layers) je obično bolji izbor od upotrebe blokova, jer na primer PC-Crash grupiše objekte istog layera zajedno kao blok. Opcije za utvrđivanje dužine, rotiranje, pomeranje i modifikovanje crteža nakon unosa, koriste se u samom programu.

## CARAT

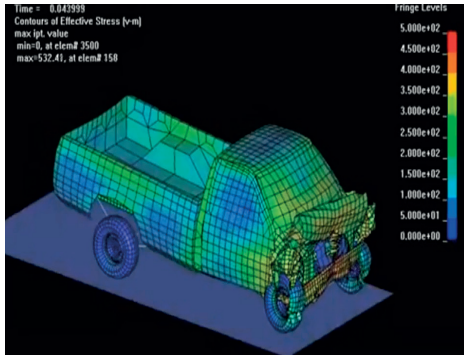
Geometrijsko modeliranje saobraćajnih nezgoda moguće je uz pomoć računarskog programa „CARAT“.

Postoje više verzija „CARAT“ programa sa različitim elementima, obzirom na veličinu, tip i vrstu vozila: teretna i specijalna vozila sa različitim tipovima prikolica i tegljača sa/ili bez poluprikolice, automobila, autobusa, kamiona, radnih mašina, kao i za sudare i udare pešaka ili vozila sa jednim tragom. Oni omogućavaju geometrijsko modeliranje kretanja vozila, koja su učestvovala u sudaru. Na Sl. 1 može se videti radno okruženje programa „CARAT“ sa svim unetim parametrima potrebnih za geometrijsko modeliranje saobraćajne nezgode vozila sa prikolicom i putničkog automobila.

## PC Crash

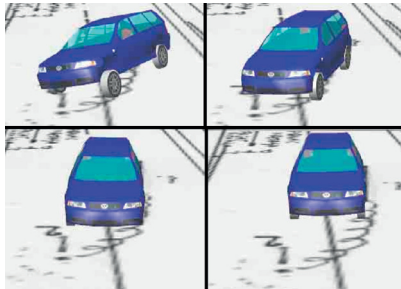
Ovaj programski paket, pogodan je za geometrijsko modeliranje i rekonstrukcije različitih saobraćajnih nezgoda. Osnovu računarskog programa čini klasičan Kuldlich - Slibarsudarni model, zasnovan na zakonu promene momenta količine kretanja, uz respektovanje koeficijenta restitucije, kod potpunih sudara, kao i koeficijenta trenja između vozila, kod sudara sa karakterom okružnica.

Geometrijsko modelovanje saobraćajnih nezgoda, u kojima učestvuju motorna vozila u različitim okolnostima korišćenjem programa „PC Crash“ ima jednostavniju upotrebu i kompatibilnost sa drugim programima. Maksimalna svestranost rezultata „PC Crash“, može se videti i proizvesti u mernom planu u 3D perspektivi, kao i u brojnim dijagramima i tablicama. Dopušta učitavanje i pokretanje postojećih datoteka i postavljanje novih projekata, u pogledu analiza, koje se mogu izvesti na osnovu raspoloživih podataka. Obrada fotografskog materijala omogućava merenje potrebnih dužina, generisanje digitalnog modela mesta nezgode i merenje deformacija na vozilima. Takvi programi su „Witness“, „PhotoModeler“ i „PC Rect“. Na Sl. 2 prikazan je u radnom okruženju geometrijski model havarisanog vozila.



Sl. 2. Prikazuje vozilo u radnom okruženju

Geometrijski model kretanja vozila po trajektoriji dobija se uz korišćenje neophodnih fotografija sa uviđaja. Izmerene koordinate četiri tačke pronađene na mestu nezgode, upoređuju se sa odgovarajućim tačkama vidljivim na fotografiji. Predstavljaju tačke kalibracije i pažljivo se biraju radi dobijanja veće tačnosti rezultata. Na Sl. 3 prikazan je geometrijski model trajektorija vozila i vozila, koje se kreće po trajektorijama, uz minimalno odstupanje (prednji levi točak vozila).

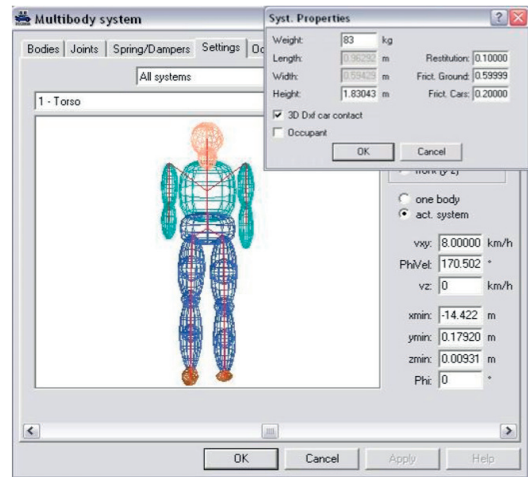


Sl. 3. Geometrijski model kretanja vozila po trajektoriji

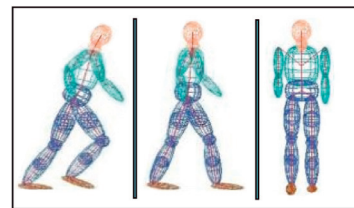
Geometrijsko modelovanje saobraćajne nezgode sa pešacima, omogućava vizuelnu analizu naleta vozila na pešake. Realna slika naleta vozila na pešaka, mora tretirati telo pešaka, kao sistem međusobno povezanih tela sa svojim specifičnim karakteristikama. Geometrijsko modelovanje naleta vozila na pešaka, vrši se podešavanjem parametara vezanih za pešaka i vozilo u odgovarajućim prozorskim menijima. Koristi se Multibody modul u biomehaničkoj simulaciji pokreta pešaka, na koga je naletelo vozilo, u slučajevima saobraćajnih nezgoda sa učesćem dvotočkaša ili kada su u pitanju saobraćajne nezgode vozila sa putnicima, za prikaze pokreta putnika unutar vozila. Priprema pešaka se vrši određivanjem položaja pešaka u odnosu na vozilo. Izgled menija za definisanje parametara Multibody modela pešaka prikazan je na Sl. 4, dok je na Sl. 5 prikazan pešak u dinamičkom i statičkom obliku.

U okviru samog Multibody modula, može se vršiti i usklađivanje položaja pojedinih delova tela pešaka u odnosu na vozilo, kao i unos mase i visine pešaka, koji imaju značajan uticaj na visinu težišta, odnosno kinematiku nakon naleta [3]. Mogućnost realizacije ovakvih položaja u kontaktu je veoma važna, jer pešak kome pretilo nalet vozila, na sve načine taj kontakt pokušava da izbegne ili se instinktivno zaštiti, tako da se uvija, skače ili naginje. Zbog toga je sve parametre vezane za položaj pešaka, važno definisati, što je moguće tačnije i realnije. Sudari poje-

dinačnih elemenata Multibody sistema sa delovima vozila i podlogom se proračunavaju. Osnovni integracioni korak za izračunavanje pokreta pešaka je jedna milisekunda.



Sl. 4. Meni za definisanje parametara modela pešaka



Sl.5. Prikaz karakterističnih položaja pešaka kreiranih u Multibody modulu

Kada se unosi automobil, za geometrijsko modeliranje nezgode, iz baze podataka ovog programa, unosi se marka i tip vozila, vrši se korekcija parametara mase i geometrije vozila, kako bi po svojim karakteristikama odgovaralo vozilu, koje je učestvovalo u realnoj nezgodi. Definiše se početna brzina vozila i ako je bilo kočenja intenzitet usporjenja, uslovi prijanjanja na podlogu i ostali potrebni podaci. Pored daljine odbačaja, odnosno naletne brzine, tretira se i veliki broj drugih ulaznih parametara, koji imaju značajan uticaj na kinematiku naleta, kao što su geometrijske karakteristike i režim kretanja vozila, antropometrijske karakteristike, pozicija i brzina.

Geometrijskim modeliranjem situacije može se dobiti realistična slika u 3D [4]. Grafičke mogućnosti dozvoljavaju geometrijsko modeliranje realnosti u saobraćaju kreiranjem animacija, u kojima se sve što se dogodilo, može restitucijom opisati i animacijom prikazati.

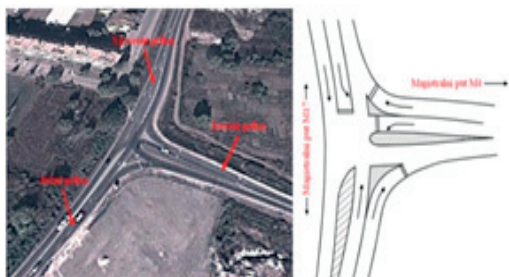
### Sim Traffic

Programski paket „SimTraffic“ omogućava analizu uslova funkcionisanja saobraćajnog toka na posmatranoj raskrsnici. Prikupljanje ulaznih podataka o geometrijskim uslovima na raskrsnici i utvrđivanje postojećeg stanja i saobraćajnih uslova na određenoj raskrsnici, vrši se brojanjem saobraćaja. Za geometrijsku analizu unose se ulazni podaci, koji konkretno podrazumijevaju broj, namenu i širine saobraćajnih traka na svim prilazima raskrsnici, prisutno kanalisanje tokova, podužni nagib i stanje kolovoza na svim prilazima [5].

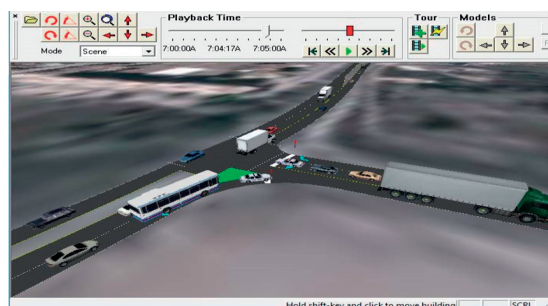




Primer geometrijskog modeliranja za potrebe regulisanja saobraćaja na pojedinačnoj raskrsnici, od snimanja postojećeg stanja, kako je prikazano na Sl.6 preko obrade crteža sa parametrima, crtanjem podloge primenom računara, do konačnog rešenja geometrijskog modela, prikazano na Sl. 7.



Sl. 6. Primer postojećeg stanja saobraćaja na raskrsnici



Sl.7. Geometrijski model regulisanja saobraćaja

## ZAKLJUČAK

Kod restitucije različitih tipova saobraćajnih situacija, računarski programi pogodni za analizu okolnosti i uzroka, mogu se podeliti na različite kategorije, obzirom na njihove mogućnosti. Primena geometrijskog modeliranja u 3D vizuelizaciji, može pomoći sudskom veštaku, pri opisu situacije, restitucije i rekonstrukcije samog događaja. Sagledavanje kinematike naleta iz različitih perspektiva i uglova u geometrijskom modelu, znatno je pogodnije od klasičnih metoda analize saobraćajnih nezgoda. Kreiranjem animacija, omogućava se pregledniji i reprezentativ-

niji način predstavljanja situacija u saobraćaju.

Prednosti geometrijskog modeliranja saobraćajnih nezgoda se ogleda u lakšoj i bržoj obradi podataka, kao i atraktivnijem i jasnijem izlaznom rezultatu, za razliku od tradicionalnog metoda, dok kao najveći nedostatak se mogu navesti cena programskih paketa i moguća zloupotreba programa unosom netačnih podataka ili nestručnim rukovanjem. U radu su navedeni različiti programi za analizu saobraćajnih situacija, a eventualnom integracijom istih, dobio bi se program, koji bi bio dovoljan za rešavanje svih situacija u saobraćaju.

U oblasti regulisanja saobraćajnih tokova ima primenu za analizu postojećeg stanja, rekonstrukcije i u odlučivanju, pri izboru novih rešenja, u skladu sa potrebama povećanih tokova vozila. Geometrijsko modeliranje primenom računara u različitim oblastima saobraćaja, moguće je uz sve veće grafičke mogućnosti savremenih specijalizovanih računarskih programa i konfiguracija.

## LITERATURA

- [1] Konosu, A. „Reconstruction analysis for car-pedestrian accidents using a computer simulation model“, JSAE Rev. 23, 357-363, 2002.
- [2] Lei, G., Jin, X. L., Zhang, Shen, X. Y. and Chen, X. Y. “Study of injuries combining computer simulation in motorcycle-car collision accidents”, Since Direct, Rev. 177 pp. 90-96, 2008.
- [3] Vujanić, M., Eskić, M. and Božović, M. „Mogućnost uporedne analize primenom softverskog alata PC Crash i tragova fiksiranih uvidajnom dokumentacijom“, IX Simpozijum “Opasna situacija i verodostojnost nastanka saobraćajne nezgode (prevare u osiguranju)”, pp. 383-404, 2000.
- [4] Čičević, S. and Živanović, M. “CAD 3D Modeling And Human CAD”, Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Conference Life Cycle Engineering And Management, ICDQM-2010, Belgrade, vol 1, pp. 440-446, 2010.
- [5] Lukić, D., Đuraš, D., Šljuka, M. “Prijedlog poboljšanja uslova odvijanja saobraćaja na raskrsnici magistralnih puteva M17 i M4” pp. 1-8, 2013.

## GEOMETRIC MODELING OF TRAFFIC SITUATIONS BY APPLICATION OF COMPUTERS

### Abstract:

This paper presents geometrical modeling of various traffic situations, methods and implementation of computer programs in the analysis of traffic accidents. The development of modern computer technology and software packages allows, besides conceptual graphs in engineering design and computer graphics of web design and animation, the application of the PC and the geometric modeling of traffic situations. Increasing the performance of your computer facilitates continuous development of CAD (Computer Aided Design) software and the use of digital high-resolution graphics that are used in geometric modeling various traffic situations, especially for precise reconstruction of the events and restitution of accidents. Graphics possibilities allow geometric modeling reality of traffic creating animation. An increase number of specialized computer programs intended for different technical aspects in the field of reconstruction, simulation and analysis of traffic accidents. These programs can be group into different categories, given the range of applications. They are suitable for applications in geometric modeling traffic situations, restitution and analysis of the circumstances and causes of the various types of accidents.

### Key words:

geometric modeling, computers applications, traffic.