

**Univerzitet u Nišu**

**Mašinski fakultet**



**PROGRAMI ZA MODELIRANJE I SIMULACIJU U  
AUTOMOBILSKOJ INDUSTRIJI**

**- DIPLOMSKI RAD -**

**Kandidat**

**Milan S. Ganić 9840**

**Mentor**

**dr Miloš Milošević, docent**

**Niš, mart 2008**

## Programi za modeliranje i simulaciju u automobilske industriji

### *Rezime*

U ovom radu je obrađeno nekoliko programa za modeliranje i simulaciju u automobilske industriji. Kao najvažnijim, naročita pažnja je posvećena radu sa programima ADAMS/Car i CarSimEd. Ovi programski paketi se koriste za simulaciju i analizu kretanja i ponašanja vozila na dva ili četiri točka u odnosu na različite ulazne parametre koji karakterišu upravljanje, kočenje, ubrzanje i slično. Izlazni rezultati ovih programa uporedivi su sa rezultatima fizičkih testova, uključujući i eksperimente sa mernim vozilima.

Osnovne prednosti ovakvog pristupa rešavanju problema korišćenjem računarskog okruženja u procesu razvoja novih proizvoda u automobilske industriji, u poređenju sa tradicionalnim konceptom razvoja novih proizvoda, ogledaju se u smanjenju ukupnog vremena i troškova razvoja proizvoda i povećanju sveukupnog kvaliteta.

### ***Ključne reči:***

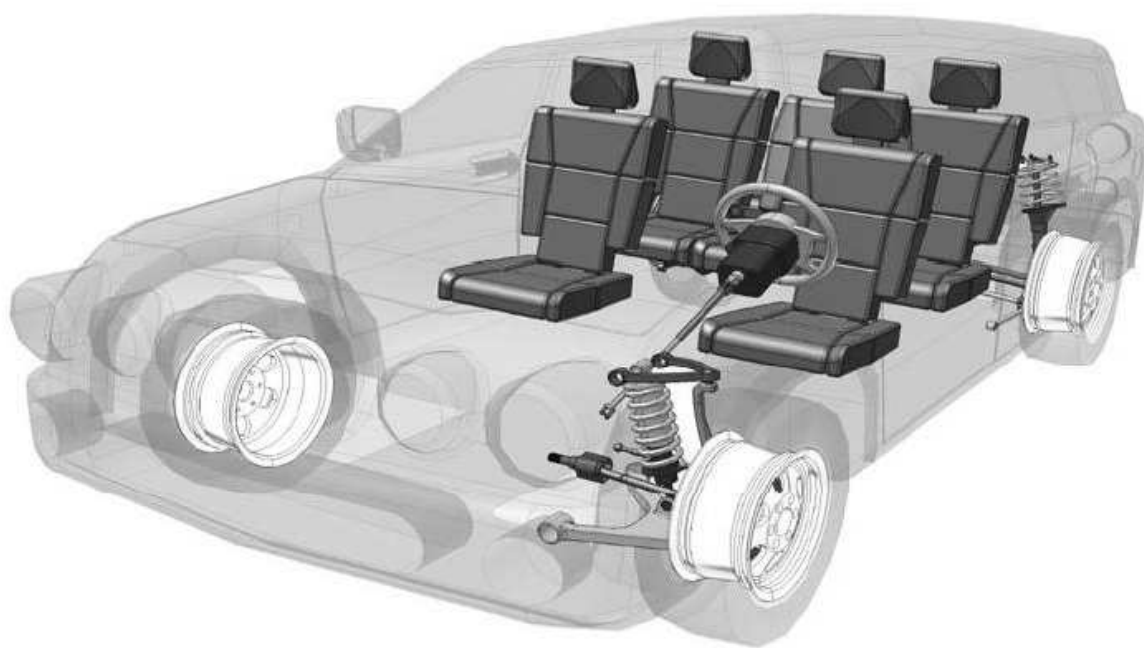
- Modeliranje,
- Simulacija,
- Virtualni inženjering,
- ADAMS/Car,
- CarSimEd

## SADRŽAJ

|                                                                              |        |
|------------------------------------------------------------------------------|--------|
| UVOD .....                                                                   | - 6 -  |
| 1. MODELIRANJE I SIMULACIJA.....                                             | - 7 -  |
| 1.1. Sistem .....                                                            | - 7 -  |
| 1.2. Model .....                                                             | - 7 -  |
| 1.3. Modeliranje .....                                                       | - 8 -  |
| 1.4. Komunikacioni aspekti modeliranja i simulacije.....                     | - 9 -  |
| 1.5. Model i teorija .....                                                   | - 10 - |
| 1.6. Verifikacija i valjanost modela .....                                   | - 10 - |
| 1.7. Klasifikacije modela.....                                               | - 12 - |
| 1.8. Simulacija.....                                                         | - 13 - |
| 2. ZNAČAJ I PRIMENA INOVATIVNIH TEHNOLOGIJA<br>VIRTUELNOG INŽENJERINGA ..... | - 15 - |
| 2.1. Definicija virtuelnog inženjeringa .....                                | - 15 - |
| 2.2. Komponente virtuelnog inženjeringa .....                                | - 15 - |
| 2.2.1. Virtuelni prototipovi i proizvodnja.....                              | - 15 - |
| 2.2.2. Fizički prototipovi i proizvodnja .....                               | - 16 - |
| 2.2.3. Virtuelna stvarnost.....                                              | - 16 - |
| 2.2.4. Virtuelna proizvodnja .....                                           | - 16 - |
| 2.2.5. DMU – Digitalni model.....                                            | - 17 - |
| 2.2.6. Upravljanje podacima o proizvodu .....                                | - 17 - |
| 2.2.7. Upravljanje životnim ciklusom proizvoda .....                         | - 18 - |
| 2.2.8. Kolaborativna okruženja.....                                          | - 18 - |
| 3. MODELIRANJE I SIMULACIJA DIMANIKE VOZILA ....                             | - 21 - |
| 3.1. Analitički procesi pri dizajniranju proizvoda .....                     | - 25 - |
| 3.1.1. Analiza procesa se deli na sledeće kategorije.....                    | - 25 - |
| 3.2. Komercijalni računski paketi .....                                      | - 27 - |
| 4. MODELIRANJE I SIMULACIJA U PROGRAMU<br>ADAMS/Car .....                    | - 30 - |
| 4.1. Upravljanje .....                                                       | - 30 - |
| 4.2. Ogibljenje .....                                                        | - 30 - |
| 4.3. Šasija .....                                                            | - 31 - |
| 4.4. Prenosni mehanizam .....                                                | - 31 - |
| 4.5. Veza između ADAMS/Car, PSAT i SIMULINK-a.....                           | - 32 - |
| 4.6. Dodavanje ADAMS bloka Simulink modelu PSAT-a .....                      | - 32 - |
| 5. MODEL GUME I KONTAKTA PRI KOTRLJANJU.....                                 | - 34 - |
| 5.1. Pačejka model gume .....                                                | - 34 - |
| 5.2. “Fiala” model gume .....                                                | - 34 - |
| 5.3. “F”-model gume.....                                                     | - 34 - |
| 5.4. Model gume za izdržljivost i simulaciju buke na putu .....              | - 35 - |
| 5.5. Nelinearni model krajnjeg elementa .....                                | - 36 - |

## 6. MODELIRANJE I SIMULACIJA U PROGRAMU

|                                                            |        |
|------------------------------------------------------------|--------|
| CarSimEd .....                                             | - 39 - |
| 6.1. CarSimEd prednosti .....                              | - 39 - |
| 6.2. CarSimEd izvođenje.....                               | - 40 - |
| 6.3. CarSimEd prikaz modela .....                          | - 40 - |
| 6.4. Kako radi CarSimEd .....                              | - 41 - |
| 6.5. Nedostaci CarSimEd .....                              | - 42 - |
| 6.6. Veza između CarSimEd-a i SIMULINK-a .....             | - 42 - |
| 6.7. Organizator baze podataka.....                        | - 43 - |
| 6.8. Prikaz animacije .....                                | - 43 - |
| 6.9. Štampani prikaz.....                                  | - 44 - |
| 6.10. Delovi automobila u CarSimEd-u.....                  | - 45 - |
| 6.10.1. Nezavisno vešanje .....                            | - 45 - |
| 6.10.2. Model gume u CarSimEd-u.....                       | - 46 - |
| 6.11. Primeri .....                                        | - 47 - |
| • Sinusno kretanje .....                                   | - 47 - |
| • Kretanje automobila po konstantnoj kružnoj putanji ..... | - 48 - |
| • Naglo ubrzavanje automobila “startovanje” .....          | - 49 - |
| • Vožnja preko vertikalne prepreke .....                   | - 50 - |
| • Vožnja na putu sa sinusnim oblikom površine.....         | - 51 - |
| 7. ZAKLJUČAK.....                                          | - 52 - |
| Literatura .....                                           | - 53 - |
| Biografija.....                                            | - 54 - |



*„Svaka je zamisao laka kad se ne uzme u obzir stvarnost“.*

Marcel Proust

## **UVOD**

U svakodnevnom životu suočavamo se sa nizom interesantnih ali i veoma složenih i teško razumljivih procesa različite prirode koji mogu imati tehnološki, biološki, ekonomski, fiziološki itd. karakter. Brojni su razlozi zbog kojih je poželjno pravilno shvatiti ove procese. Za to je potrebno da se neki aspekti realnog sistema modeliraju i predstave na apstraktan, ali razumljiv način. Pritom treba odrediti koje od karakteristika treba uzeti u obzir, a u odnosu na one koje se smatraju nebitnim i koje se mogu ignorisati. Upravo se u tome ogleda suština modeliranja, da se između velikog broja raspoloživih karakteristika nekog sistema ili procesa izaberu samo one koje su neophodne i dovoljne za apstraktno opisivanje na način koji je svrsishodan i razumljiv onima kojima je model neophodan za dalju obradu.

Virtuelni inženjering (*VE-Virtual Engineering*) je napredna tehnologija koja pomaže inženjerima u donošenju odluka i uspostavljanju kontrole u procesu razvoja proizvoda i njegove izrade, a ogleda se u korišćenju računarskog okruženja za preciznu simulaciju geometrijskih i fizičkih osobina realnih sistema. Tako, primena simulacije može eliminisati skupe fizičke prototipe i eksperimente. Vreme razvoja se drastično smanjuje. Više projektnih alternativa se može proveriti, što rezultira povećanjem kvaliteta. Virtuelni inženjering, takođe, obezbeđuje izvanredni korisnički interfejs, koji dozvoljava korisniku da vidi trodimenzionalni model proizvoda unapred, da preduzme neophodne izmene i da prati ponašanje materijala u proizvodnim procesima. Takve sposobnosti su veoma dragocene u automobilske i avio industriji, gde su fizički modeli skupi, zahtevaju veliko vreme razvoja, a proizvodi su ekstremno složeni.

Ideja je da se ovim radom pokažu specifični aspekti modeliranja i simulacije u automobilske industriji na primerima primene programa:

- ADAMS/Car i
- CarSimEd.

Još jedan dodatni razlog za korišćenje programa za simulaciju kretanja vozila je taj što se iz takvih simulacija uvek može naučiti nešto novo o ponašanju vozila u ekstremnim situacijama.

## 7. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada je bio da se pokaže korišćenje programa za modeliranje, simulaciju i analizu ponašanja vozila. Postoji puno programa koji se upotrebljavaju u tu svrhu, ali su ovom priliko kao značajniji izdvojeni:

- ADAMS/Car i
- CarSimEd,

U toku rada primćeno je da je program ADAMS/Car veoma komplikovan za upotrebu i da treba dosta vremena da bi mogle u potpunosti da se savladaju njegove mogućnosti, a i njegova cena je neprihvatljiva za naše uslove. Za drugi program, pod nazivom CarSimEd, u toku rada je ustanovljeno da predstavlja jedan veoma praktičan program, pomoću koga je moguće naučiti dosta o ponašanju vozila.

Program CarSimEd je tako dizajniran da je jednostavan za upotrebu, sa njim se vrlo efikasno mogu obavljati simulacije različitih testova na modelima vozila, znatno brže nego u toku fizičkih testiranja. Pri tome je moguće, ne samo simulirati ponašanje vozila u normalnim okolnostima, već i eksperimentisati pri različitim uslovima od kojih bi neki u realnim situacijama eksploatacije vozila doveli do ekstremnih situacija. Rezultati koji se dobijaju primenom programa CarSimEd su verifikovani tako da pružaju verodostojnu simulaciju. Korišćenjem ovog programa studenti i inženjeri, koji ne moraju da budu i stručnjaci u oblasti auto industrije, lako i brzo će steći nova iskustva.

Osnovne prednosti ovakvog vida pristupa rešavanju problema u procesima razvoja novih proizvoda, u poređenju sa tradicionalnim konceptom razvoja novih proizvoda, su veoma velike. Primenom modeliranja i simulacije se od početne koncepcije do gotovog proizvoda dolazi uz:

- Smanjenje ukupnog vremena i troškova razvoja proizvoda: izrada i testiranje virtualnog modela primenom kompjuterskih simulacija je mnogo jeftinije i brže nego izrada fizičkog prototipa i njegovo testiranje.
- Brze i efikasne izmene na modelu.
- Povećanje ukupnog kvaliteta: usled uštede u vremenu razvoja proizvoda inženjerima je na raspolaganju više vremena za poboljšanje performansi proizvoda i njihovu optimizaciju.

## **Literatura**

- 1) Dragan Antić, Bratislav Danković, Modeliranje i simulacija dinamičkih sistema, Elektronski fakultet, Niš, 2001.
- 2) Uputstvo za upotrebu CarSimEd Educational (na engleskom jeziku)
- 3) dr Miloš Milošević, Predavanja iz predmeta modeliranje i simulacija mehatroničkih sistema, Mašinski fakultet u Nišu, 2006.
- 4) Predrag Šijak „Primena softverskih modela u nastavi“, Diplomski rad, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“ u Zrenjaninu, 2006.  
(<http://www.scribd.com/doc/14979/Modelovanje-Diplomski-Pedja-Sijak>)
- 5) <http://www.mscsoftware.com/products/adams.cfm>;
- 6) <http://www.me.utexas.edu/~lotario/VSDC/CarSimEd/>
- 7) <http://www.carsim.com/products/carsim//>