

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Друмски саобраћај

Предмет: Механика саобраћајне незгоде

Број индекса: 710/2014

Јелена С. Јовановић

„МОДЕЛИРАЊЕ СУДАРА ДВА ПУТНИЧКА ВОЗИЛА“

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. Др Александра Јанковић - ментор

2. _____

3. _____

Датум

одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да обухвати следећа поглавља:

- 1.Основне релације механике судара два возила**
- 2. Софтверски алати за симулацију судара**
- 3.Студија случаја једног чеоног судара**
- 4.Симулација бочног судара са једним нумеричким примером**
- 5.Закључна разматрања**
- 6.Литертура**

Препоручена литература:

- [1] Костић С.,*Експертизе саобраћајних незгода*, Факултет Техничких наука Нови Сад, 2009.
- [2] Јанковић А., Симић Д.,*Безбедност аутомобила*, Крагујевац, 1996.
- [3] Милутиновић Н.,*Разлика између EES и ΔV* , Нови Сад, 2008.

Крагујевац, датум

Ментор:

Име, презиме и звање ментора

Садржај

1. УВОД.....	6
2. ОСНОВА ДИНАМИКЕ ВОЗИЛА И СИМУЛАЦИЈЕ.....	7
2.1. Основа динамике возила.....	7
2.2. Анализа судара - <i>Kuldrich-Slibar</i> модел	11
2.2.1. Потпуни судар	13
2.2.2. Судар са клизањем	13
2.3. Основе компјутерских симулација	14
3. ОПИС ПРОГРАМСКОГ ПАКЕТА VIRTUAL CRASH 3	14
3.1. Системски и хардверски захтеви програма Virtual CRASH 3	16
4. РАД СА ПРОГРАМСКИМ ПАКЕТОМ VIRTUAL CRASH 3	17
4.1. Опције менија <i>project</i>	18
4.2. Опције менија <i>edit</i>	18
4.3. Опције менија <i>create</i>	20
4.4. Опције падајућег менија <i>Edit</i>	24
4.4.1. Опције подменија <i>Project</i> у падајућем менију <i>EDIT</i>	25
4.4.2. Опције подменија <i>Properties</i> у падајућем менију <i>EDIT</i>	25
4.4.2.1. Подмени <i>Properties</i> возила.....	26
4.4.2.1.1. Подешавања осовине возила.....	27
4.4.2.1.2. Подешавање кочења возила.....	28
4.4.2.1.3. Подешавања динамике возила.....	28
4.4.2.1.4. Подешавања димензије возила	30
4.4.2.1.5. Подешавања позиције возила	31
4.4.2.1.6. Подешавања ограничења возила	31
4.4.2.1.7. Подешавања локалне позиције возила.....	32
4.4.2.1.8. Подешавања локалне ротације возила	32
4.4.2.1.9. Подешавања секвенце кретања возила	32
4.4.2.1.10. Подешавања величине возила	33
4.4.2.1.11. Остала подешавања возила	33
4.4.3. Опције подменија <i>Tools</i> у падајућем менију <i>EDIT</i>	34
5. ПРИМЕНА АЛАТИКИ VIRTUAL CRESHA 3.0 У РЕКОНСТРУКЦИЈИ	
САОБРАЋАЈНИХ НЕЗГОДА И СУДАРА	35
5.1. Судар возила	35

5.2. Тачка судара, сударни правац, сударна раван и конус трења.....	38
5.3. Креирање контакта учесника – <i>Create user contact</i>	40
5.3.1. Подмени - <i>contact</i>	42
5.4. Остало – <i>Misc</i>	44
5.5. Први и други објекат – <i>Object 1, Object 2</i>	44
5.6. Локално позиционирање – <i>position-local</i>	45
5.7. Падајући мени- <i>Window</i>	46
5.7.1. Начин приказивања - <i>Render mode</i>	46
5.7.2. Подопција менија <i>Window</i> – <i>Wiews</i>	48
5.7.3. Подопција менија <i>Window</i> – <i>Wiew Layout</i>	49
6. ЗАКЉУЧАК	53
ЛИТЕРАТУРА.....	54



Резиме: Судари возила су комплексни процеси који су засновани на великом броју различитих параметара. Развој компјутерских програма за симулације је учинио лакшом процедуром за анализу и реконструкцију судара, као и могућност да се реализије утицај различитих параметара током сударних процеса, који нису били могући приликом коришћења класичних метода. У раду ће бити описан програмски пакет *Virtual CRASH 3* тј. његове могућности и начин коришћења у компјутерској анализи судара аутомобила, као и опис иконица, менија, функција, дијалог прозора и сл. које се користе у реконструкцији судара возила, као и конкретни примери коришћења тих алатки. Такође, биће описан принцип анализе судара, после сударних параметара кроз *Kuldrich-Slibar* метод. Биће приказани сударни, после сударни параметри и њихов значај у реконструкцији саобраћајних незгода.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: софтверски алати, симулација, корисничко упутство, *Virtual CRASH 3*.

Abstract: Vehicle collisions are complex processes which are determined by a large number of different parameters. The development of computer programs for simulation has made the collision analysis and reconstruction procedure easier, as well as the possibility to realise the influences of different parameters on collision processes, which was not possible while using classical methods. In this work it will be described program *Virtual CRASH 3*, his possibilities and way to use in analysis collision processes, as well as describe of icons, functions, menus, dialog windows etc. which are used in reconstruction of car collision, also there will be presented visual examples of using this tools. Besides, it will be described basic principle of collision analysis, post-impact parameters over *Kuldrich-Slibar* method. It will be shown impact, post-impact parameters and his meaning in reconstruction of traffic collisions.

KEY WORDS: Software tools, simulation, user manual, *Virtual CRASH 3*.

1. УВОД

Компјутерски програми се користе за анализу саобраћајних незгода, од раних седамдесетих година прошлог века. Увођењем персоналних рачунара почетком осамдесетих година, ови програми су постали доступни за коришћење широј друштвеној заједници која је заинтересована за истрагу незгода. Баш као што варира ниво вештине међу вештацима, ниво разумевања примене програма и начина њиховог рада, такође варира. Када се правилно користе, ови компјутерски програми су од непроценљиве вредности у анализи незгода као један од алата за њихову анализу. Рачунарски програми за реконструкцију саобраћајних незгода возила су оцењени као веома важна средства од стране већине истраживача.

Предмет овог рада јесте софтвер за симулацију судара возила тј. судари и основе њене симулације, моделирање судара два возила. У уводном делу је област која обухвата класификацију динамике возила, и основне појмове симулације, а све то у циљу упознавања са начином коришћења програма *Virtual CRASH 3* тј. његове могућности, начин коришћења алатки, битних за симулацију судара возила, у компјутерској анализи кретања аутомобила. То ће бити урађено описом алатки, иконица, менија, функција, дијалог прозора и сл. Концепција рада је таква да је рад подељен у четири главна поглавља. Прво поглавље чини основа динамике возила и симулације, друго поглавље чини опис софтвера *Virtual CRASH 3* који се односи на хардверске и софтверске захтеве који морају бити испуњени за покретање и рад програма. У трећем поглављу описан је рад са програмским пакетом, опис менија, икона и дијалог прозора, падајућих менија који се користе у судару возила. Четврто поглавље представља конкретне примере и специфичности ситуација саобраћајних незгода у којима се користе наведене алатке, тако да су они приказани на крају рада, описујући начин рада само са овим алаткама битних за симулацију судара у саобраћајним незгодама.

Индиректно циљ рада је едуковати кориснике овог програма о већ постојећим функцијама, иконама, менијима, сличним као у претходној верзији овог програмског пакета, указати на нове алатке, које су и на који начин их активирати и користити, и истакнути опције и могућности оних софтверских алата за анализу саобраћајних незгода који су битни за саму симулацију судара [1].

2. ОСНОВА ДИНАМИКЕ ВОЗИЛА И СИМУЛАЦИЈЕ

У овом поглављу биће приказана основа динамике возила, подела претходне, једначине кретања возила, као и основе компјутерске симулације.

2.1. Основа динамике возила

Возило представља комплексан динамички систем са великим бројем степени слободе. Посматрајући возило као тело (каросерија са припадајућим елементима), оно у општем случају представља тело са свих 6 степени слободе у простору (слика 1.)



Слика 1. Могућа кретања возила

Поред тога, сваки од точкова такође има по 6 степени слободе, чиме укупан број степени слободе достиже 30, без узимања у обзир било каквих унутрашњих померања тј. деформација (које се у стварности јављају у одређеној мери). С обзиром на везе између точкова и возила, параметри који описују сва ова кретања су у међусобним интеракцијама. Такође, многи елементи исказују сложене форме понашања са изразитим нелинеарностима.

Аналитичко моделирање кретања возила у општем случају зато би довело до изузетно сложеног система једначина, при чему би била потпуно изгубљена прегледност и разумевање појединих утицаја и међузависности. Због тога је детаљна анализа кретања возила предмет специфичних разматрања, при чему се за овакве анализе обавезно користе рачунарски подржане симулације за потребе проучавања кретања возила и разумевање основних законитости. Међутим, сврсисходна је анализа специјалних, поједностављених случајева кретања, који смањују број степени слободе и утицајних фактора, омогућавајући на тај начин бољу прегледност и разумевање система. У пракси се ови специјални случајеви класификују према осама дуж којих делују силе које су од интереса па се тако динамика возила класификује на следеће целине:

- **уздужна динамика** – силе делују у правцу кретања; главни аспекти изучавања су отпори кретања и могућност њиховог савладавања, кочење итд.; кретање возила је транслаторно, параметри кретања се обично третирају као унапред задати; математички приступ је овде најједноставнији и базира се углавном на алгебарским релацијама;

- **попечна динамика** – силе делују у правцу попречне осе, од интереса је пре свега кретање возила у кривини; математички модели су по правилу знатно сложенији него код уздужне динамике, пре свега због комплексног понашања пнеуматика, али и због присуства већег броја утицајних фактора.
- **вертикална динамика** – силе делују у правцу вертикалне осе, подручје од интереса су осцилације возила и њихов утицај на комфор путника као и на контакт точка са подлогом; углавном се заснива на примени теорије осцилација.

У уздужној динамици возила најважнија кретања јесу: праволинијско кретање возила, полазак возила са места, убрзање возила и кочење возила.

У попречној динамици возила спада криволинијско кретање возила, док вертикалну динамику возила чине вертикалне осцилације.

Ради анализе кретања возила у уздужном правцу, разматрају се силе које делују у правцу кретања возила. Познато је да на погонском точку (тј. осовини) делује тангенцијална сила.

Једначине кретања возила у програмском пакету Virtual CRASH 3 могу се утврдити након сумирања свих спољашњих сила које утичу на возило као што су:

- Вучни биланс

$$\sum F_i = m_i \cdot \ddot{x}_i \quad (1.)$$

У претходном изразу параметри означавају:

$\sum F_i$ – резултујући вектор сила;

m_i – маса возила;

$\ddot{x}_i$ – убрзање тежишта возила.

Убрзање тежишта возила изведено је из једначине:

$$\ddot{x} = \frac{\sum F}{m} \quad (2.)$$

Убрзање тежишта се може даље поделити на следеће компоненте:

$$\ddot{x} = \frac{\sum F_x}{m} \quad (3.)$$

$$\ddot{y} = \frac{\sum F_y}{m} \quad (4.)$$

$$\ddot{z} = \frac{\sum F_z}{m} \quad (5.)$$

Обртни момент за центар тежишта возила израчунава се следећом једначином:

$$T_i = \Theta_i \cdot \omega_i + \omega_i \times \Theta_i \cdot \omega_i \quad (6.)$$

У претходном изразу параметри означавају:

T_i - резултанта вектора момента у односу на тежиште возила;

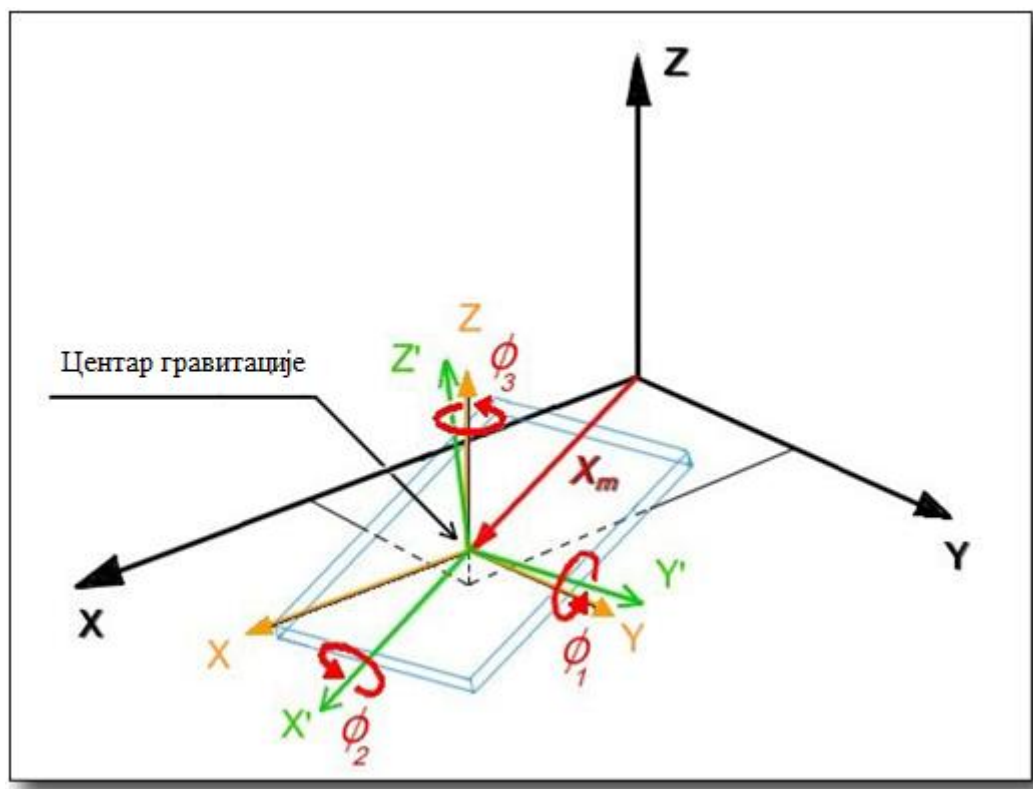
ω_i – вектор угаоне брзине возила;

Θ_i – момент инерције тежишта возила.

Момент инерције тежишта возила има следеће компоненте:

$$\Theta_v = \begin{pmatrix} I_{x'} & -I_{x'y'} & -I_{x'z'} \\ -I_{x'y'} & I_{y'} & -I_{y'z'} \\ -I_{x'z'} & -I_{y'z'} & I_{z'} \end{pmatrix} \quad (7.)$$

Тродимензионална кретања возила су представљена и обрачунавају се ротацијом возила око три опште координатне осе. Ове ротације се могу лакше описати као модел осе "однос возила" координатни систем тако да трансформацији је потребно имати вредност ротације у координатном систему. Цела ротација возила дефинисана је са три ротације приказане на слици 2.



Слика 2. Ротација возила и вектор X_m

Ротације се могу објаснити следећим матрицама:

⇒ Ротација око "односа возила", ротира два пута око X' -осе:

$$R_1 = \begin{Bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi_1 & \sin \phi_1 \\ 0 & -\sin \phi_1 & \cos \phi_1 \end{Bmatrix} \quad (8.)$$

⇒ Ротација око "односа возила", ротација око X' -осе:

$$R_2 = \begin{Bmatrix} \cos \phi_2 & 0 & -\sin \phi_2 \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \phi_2 & 0 & \cos \phi_2 \end{Bmatrix} \quad (9.)$$

⇒ Ротација око Z' – осе;

$$R_3 = \begin{Bmatrix} \cos \phi_3 & \sin \phi_3 & 0 \\ -\sin \phi_3 & \cos \phi_3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix} \quad (10.)$$

Повезивањем свих ових параметара тј. сумирања на основу познавања вучног биланса и обртног момента за тежиште врши се прорачуном трајекторије возила. Интеграљењем диференцијалних једначина кретања, а захваљујући познавању свих сила које делују на возилу, утврђује се убрзање, брзина и пређени пут.

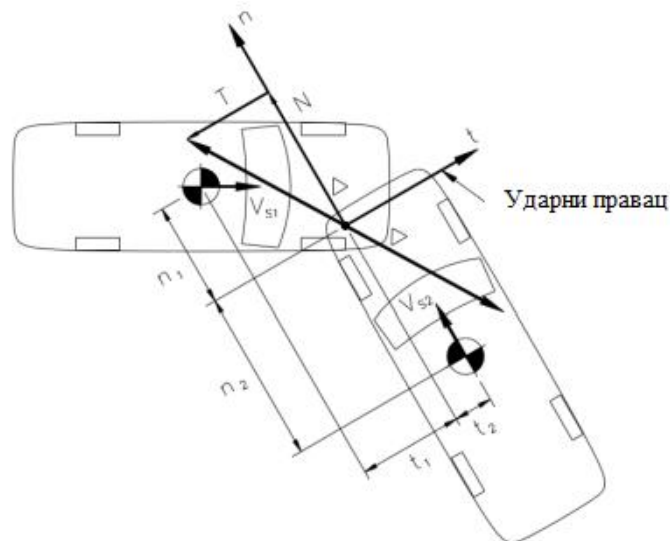
2.2. Анализа судара - *Kuldrich-Slibar* модел

Модел на коме се заснива **Virtual CRASH 3.0** је ***Kuldrich-Slibar*** модел. ***Kuldrich-Slibar*** модел судара је окарактерисан дефиницијом тачке судара. Тачка судара је тачка где се претпоставља да сударна сила делује. Еластичност судара је узета у обзир преко коефицијента реституције. Овај модел узима у обзир и прорачунава потпуни судар и судар са проклизавањем. Процес судара има две фазе: део у коме се врши деформација и део у коме се врши реституција. За потпуни судар, на крају дела у коме се извшила деформација, брзина оба возила на тачки судара је подједнака. Због еластичности структуре возила, два возила ће се поново раздвојити. Ово се назива реституција. Коефицијент реституције је одређен односом између импулса реституције и импулса деформације.

$$R = \frac{I_R}{I_{def}} \quad (11.)$$

Потпуни импулс се рачуна преко:

$$I = I_R + I_{def} = I_R(1 + R) \quad (12.)$$



Слика 3. Конфигурација импулса

Као што се може видети на слици 3. координатни систем, који ординира кроз сударну тачку, је дефинисан. Координате су растављене на компоненте које тангирају и које су нормалне на сударни правац између возила. Тангенцијалне и нормалне компоненте брзине сваког возила (приказане су само једначине за Возило 1) у сударној тачки су:

$$V_{T1} = V_{Tcg1} - \omega_{z1}n_1 \quad (13.)$$

$$V_{N1} = V_{Ncg1} + \omega_{z1}t_1 \quad (14.)$$

Где су:

V_{Tcg1} = тангенцијална компонента брзине тежишта возила 1

V_{Ncg1} = нормална компонента брзине тежишта возила 1

n_1 = нормална компонента растојања тежишта возила од тачке судара

t_1 = тангенцијална компонента растојања тежишта од тачке судара

Компоненте релативне брзине између два возила у тачки судара су:

$$V_T = V_{T1} - V_{T2} \quad (15.)$$

$$V_N = V_{N1} - V_{N2} \quad (16.)$$

Поред тога стање момента за оба возила је:

$$m_1(V'_{Tcg1} - V_{Tcg1}) = T \quad (17.)$$

$$m_1(V'_{Ncg1} - V_{Ncg1}) = N \quad (18.)$$

$$m_2(V'_{Tcg2} - V_{Tcg2}) = -T \quad (19.)$$

$$m_2(V'_{Ncg2} - V_{Ncg2}) = -N \quad (17.)$$

Момент ротације за оба возила је:

$$I_{z1}(\omega'_{z1} - \omega_{z1}) = -T n_1 + N t_1 \quad (18.)$$

$$I_{z2}(\omega'_{z2} - \omega_{z2}) = T n_2 - N t_2 \quad (19.)$$

На основу предходних једначина, промена релативне брзине за оба возила у тачки судара може се рачунати преко:

$$V'_T = V_T + c_1 T - c_3 N \quad (20.)$$

$$V'_N = V_N - c_3 T - c_2 N \quad (21.)$$

где су:

$$c_1 = \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} + \frac{n_1^2}{I_{1z}} + \frac{n_2^2}{I_{2z}} \quad (22.)$$

$$c_2 = \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} + \frac{n_1^2}{I_{1z}} + \frac{n_2^2}{I_{2z}} \quad (23.)$$

$$c_3 = \frac{t_1 n_1}{I_{1z}} + \frac{t_2 n_2}{I_{2z}} \quad (24.)$$

Да би било могуће решити ове једначине и да би се израчунале брзине после судара возила и ротације возила, морају се поставити додатне једначине. Ове дефиниције варирају за два различита типа судара која су дефинисали Кулидрич и Слибар. На следећи начин.

2.2.1. Потпуни судар

Потпуни судар је дефинисан као судар у коме нема релативних кретања између возила у тачки судара на крају деформационог дела. У овом случају две додатне претпоставке су:

1. У фази компресије, размењени моменти у тангенцијалном и нормалном правцу су:

$$T_C = \frac{V_N C_3 + V_T C_2}{C_3^2 - c_1 c_2} \quad (25.)$$

$$N_C = \frac{V_N c_1 + V_T c_3}{C_3^2 - c_1 c_2} \quad (26.)$$

2. Однос између импулса деформације и реституције је дефинисан помоћу коефицијента реституције.

Компоненте потпуно измењеног момента може се израчунати из:

$$T = T_C(1 + R) \quad (27.)$$

$$N = N_C(1 + R) \quad (28.)$$

Ове једначине су довољне за израчунавање после сударних параметара за оба возила која су учествовала у саобраћајној незгоди у случају потпуног судара.

2.2.2. Судар са клизањем

У судару са клизањем, два возила не постижу заједничке брзине у сударној тачки за време судара. У овом случају сударни правац мора да буде дефинисан, док два возила остварују контакт. Тачка судара мора да лежи на овом правцу. У овом случају, следеће претпоставке су изведене:

1. Не јављају се релативна кретања између возила у тачки судара на крају деформационог дела у нормалном правцу у односу на сударни правац. На нормалну компоненту може да утиче коефицијент трења између возила (μ), и N_C се сада рачуна из:

$$N_C = \frac{V_N}{\mu c_3 + c_2} \quad (29.)$$

2. Правац пренетог момента је ограничен са μ , из:

$$T_C = \mu N_C \quad (30.)$$

3. Однос између импулса деформације и реституције је поново дефинисан помоћу коефицијента реституције и T и N се могу поново рачунати преко једначина (27.) и (28.)

Сви после сударни услови за оба возила су израчунати преко претходних релација [3].

2.3. Основе компјутерских симулација

Напредак рачунарских система допринео је да рачунаре можемо користити за симулирање различитих процеса. Карактеризација неког техничког, физичког или хемијског система се, у принципу, заснива на нумеричким прорачунима некаквих физичких величина према законитостима које одређује теорија. Уколико се теоријски прорачуни и практично добијени резултати поклопе, теорија се може сматрати исправном (и обрнуто, експеримент се може сматрати исправно изведеним).

Рачунарски (симулациони) модели представљају приказ концептуалних модела у облику програма за рачунар. У том облику модели постају средство којим се може ефикасно анализирати рад модела у различитим спољним условима и са различитим унутрашњим параметрима и тако добити увид у понашање система који модел описује. Као средство за изражавање, рачунарски модели користе програмске језике и стога су блиско везани за развој рачунарских наука.

Да би модел био користан, од суштинске је важности то да се за дати ограничени скуп његових описних променљивих, његово понашање може одредити на практичан начин: аналитички, нумерички или путем експеримента, где се за извесне, углавном случајне улазе, посматрају одговарајући излази. Овај последњи процес назива се симулација.

Реч симулација у свакодневној употреби може да означи већи број различитих активности, као на пример: сложене видео игре, испитивање утицаја бројних фактора на лет нових модела авиона, део експеримента у социо-психолошким истраживањима, као и у реконструкцији саобраћајних незгода итд.

Обично се под симулацијом подразумевају процес изградње апстрактних модела за неке системе или подсистеме реалног света и обављање већег броја експеримената над њима. Посебно је интересантан случај када се ти експерименти одвијају на рачунару. Тада се говори о рачунарском моделирању и симулацији.

3. ОПИС ПРОГРАМСКОГ ПАКЕТА VIRTUAL CRASH 3

Virtual CRASH је један од најсавременијих програмских пакета за компјутерску анализу саобраћајних незгода. Програм омогућава анимацију динамике возила, тако да се кретање возила од претпостављених сударних до њихових зауставних позиција може визуелно пратити. Да би се оценила тачност компјутерске анализе саобраћајних незгода, један од битних показатеља јесте да се добије добра зауставна позиција, и не само зауставна позиција, већ да се возило креће дуж трагова који су регистровани приликом вршења увиђаја. На тај начин динамика возила добија значај приликом израде компјутерске симулације возила где се са одређеним задатим параметрима возило креће дуж трагова који су обележени у увиђајној документацији.

Основне карактеристике програмског пакета Virtual CRASH 3 су :

- Могућност дефинисања расподеле силе кочења између предње и задње осовине;
- Истовремена симулација неограниченог броја возила у незгоди;
- Аутоматско генерисање видео анимације (са статичном или покретном камером);
- Спецификација реакције возача, убрзања, кочења, управљања и других индикатора;
- Спецификација еластичности судара преко коефицијента реституције;
- Аутоматски прорачун свих секундарних судара;
- Дијаграми за пут, брзину и време;
- Мерна алатка;
- Испис извештаја улазних/излазних вредности, укључујући све параметре судара;
- Формат DFX цртежа места догађаја или битмапе могу се користити као подлога за симулацију;
- Модул за симулацију превртања возила;
- Вишеделни модел пешака;
- 2D или 3D кинетички модел прорачуна;
- Интегрисани програм цртања – за модификовање цртежа места догађаја и DFX облике возила;
- Вишеделни мотоцикли и бицикли;
- Промена модела пнеуматика;
- Активирање електронских контрола кочења у кривини, блокаде точкова, као и стабилности у кривини;
- Повезивање возила или објеката у целини помоћу зглобова;
- Приказ деформација возила;
- Промена изгледа каросерије возила;
- Симулација кинематике возила;
- Симулација оптерећења возила;
- Модел сила на пнеуматику.

Поред наведених карактеристика програмског пакета Virtual CRASH 3 постоји и читав низ других који ће бити описани у наредним поглављима.

3.1. Системски и хардверски захтеви програма Virtual CRASH 3

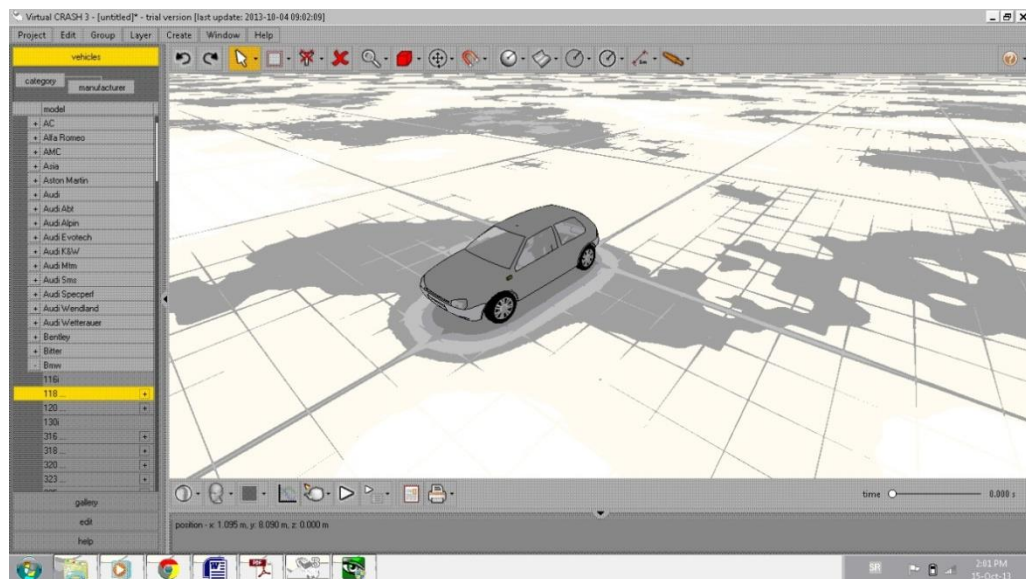
Програмски пакет Virtual CRASH 3 није системски, хардверски и меморијски захтеван, али је препоручљиво да рачунар има следеће минималне компоненте што се тиче хардверских јединица као што су:

- Процесор: минимално 1 GHz;
- Рам меморија: 128 MB (препоручљиво 256 MB);
- Графичка картица: DirectX 9 или новије верзије, који је компатабилан са VGA картицом, која је базирана на 32 MB сопствене меморије.

Претходни захтеви који су наведени спадају у хардверску јединицу која је потребна програму, а што се тиче системских захтева који морају бити испуњени да би се програм покренуо, потребни су следећи оперативни системи:

- Microsoft Windows 98;
- Microsoft Windows 98 Second Edition;
- Microsoft Windows Millennium Edition;
- Microsoft Windows NT 4;
- Microsoft Windows 2000;
- Microsoft Windows XP;
- Microsoft Windows Server 2003;
- Microsoft Windows Vista;
- Microsoft Windows 7;
- Microsoft Windows 8;
- Microsoft Windows 8.1.

Као што се види из наведених системских пакета, програм Virtual CRASH 3 је компатабилан само са Microsoft-овим програмским пакетима, уколико се поменути програм инсталира на неком другом оперативном систему, онда је његово покретање немогуће.

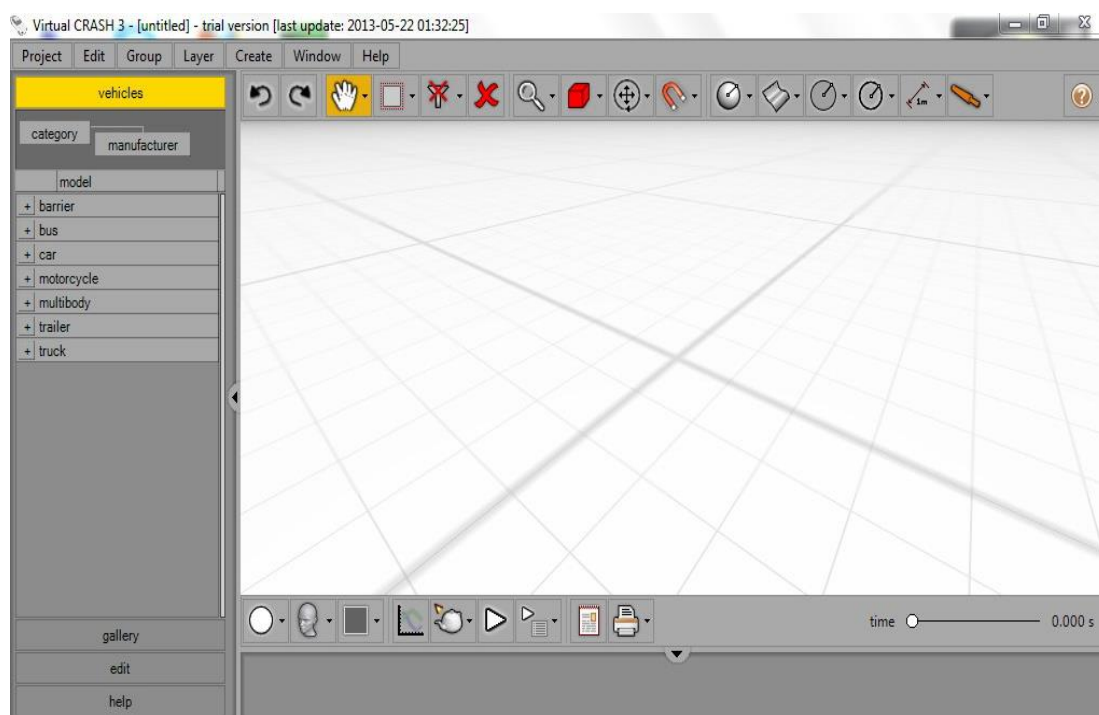


Слика 4.Изглед програма уколико није испуњен неки од хардверских захтева

Уколико није испуњен неки од хардверских захтева, програм је могуће покренути, али ће његов графички приказ бити као на слици 4.

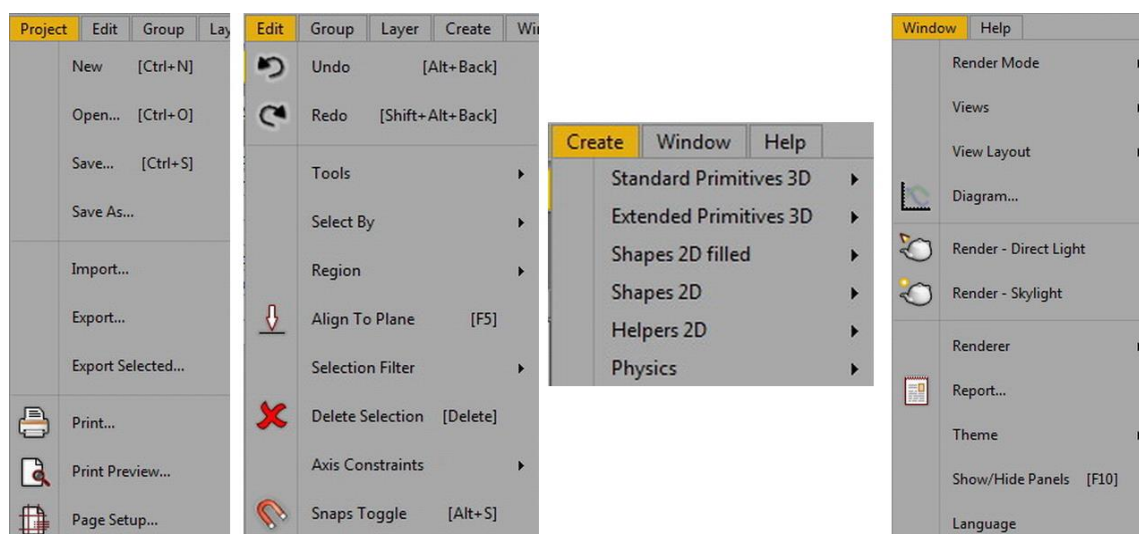
4. РАД СА ПРОГРАМСКИМ ПАКЕТОМ VIRTUAL CRASH 3

Након стартовања програма  појављује се радна површина (Слика5.)



Слика 5. Радна површина програма Virtual CRASH

На располагању је падајући мени са опцијама *Project*, *Edit*, *Group*, *Layer*, *Create*, *Window*, *Help* које у себи садрже подменије као што је приказано на следећој слици 6. [2]



Слика 6. Примери неких од падајућих менија у програму

4.1. Опције менија **project**

Након што је програм покренут, опције менија су исписане на врху радне површине.

У менију **Project** налазе се следеће опције:

New – сачињавање новог пројекта;

Open... – отворити (учитати) већ постојећи (снимљени) пројекат;

Save... – сачувати пројекат под истим именом;

Save As... – сачувати пројекат под неким другим именом или „преко“ већ постојећег;

Import... – учитати тј. “увести“ неки други формат попут формата *.avi, *.jpg, *.bmp, *.png и др.;

Export... – снимити тј. “извести“ сачињени формат нпр. у формату *.vcm или *.mbdef;

Export Selected... – снимити тј. “извести“ изабрани објект у неком од формата;



Print... – штампање пројекта;



Print Preview... – преглед изабраног пројекта за штампање;



Page Setup... – подешавање листа за штампање попут маргина, формата итд.

Опције менија **Project** првенствено служе за уређивање пројекта тако што се може учитати већ постојећа датотека, покренути нову, такође снимити или преснимити постојећу, пре штампања постоји опција за преглед, уређење стране, па и само штампање.

4.2. Опције менија **edit**

Мени **Edit** садржи алатке које су потребне за уређење елемената самог пројекта, а у менију се налазе следеће опције:



Undo – поништава задњу радњу, враћа на корак назад и поправља учињено;



Redo – користи се да би се поновило оно што се наредбом Undo поништи.

Tools – садржи следеће опције:



Select And Move – изабрати жељени објект и померати га или ротирати;



Select, Move And Manipulate - изабрати жељени објект, померати мењати динамику возила (брзину, убрзање радијус кретања и др.);



Pan – премешта или помера странице када је зумирана;

-  **Zoom** – приближити или одаљити жељени објекат у 2D или 3D приказу;
-  **Zoom Region** – приближити или одаљити одређени регион;
-  **Zoom Extents** – приближити или одаљити прозор;
-  **Zoom Extents Selected** – приближити или одаљити изабран прозор;
-  **Zoom Extents All** – приближити или одаљити све прозоре;
-  **Zoom Extents All Selected** - приближити или одаљити изабране прозоре.

Опције **Zoom Extents** генерално се користе у комбинацији са Layout погледом попут 2 погледа вертикално, 2 погледа хоризонтално, 2+1 погледа горе, доле, лево, десно и погледа 3+1 са свих страна, као и 4 симетричних погледа.

Select By – садржи опције као што су:

-  **Rectangular Selection Region** – селектовати објекат у облику квадрата;
-  **Circular Selection Region** – селектовати објекат у облику круга;
-  **Fence Selection Region** – селектовати објекат у облику многоугла;
-  **Lasso Selection Region** – селектовати објекат у облику ужета.

Region- садржи опције:

- **Proportional Editing-** пропорционално измењивање објекта
-  **Falloff Smooth-** заоблавање објекта
-  **Falloff Linear-** Линеарна промена објекта
-  **Falloff Constant-** константна промена објекта

 **Align To Plane** – алатка служи да врати објекат у нивоу равни, уколико је нпр. објекат померен по Y-оси.

Selection Filter – у менију постоје наведене опције:

-  **None**–без одабира филтрирања;
-  **Shapes**–одабир филтрирања по облику;



Geometry—одабир филтрирања по геометрији;



Delete Selection – обрисати обележени објекат у пројекту.

Axis Constraints – мени садржи опције потребне за померање објекта по координатном систему и садржи низ опција попут:



Restrict To X—ограничено померање објекта по X-оси;



Restrict To Y – ограничено померање објекта по Y-оси;



Restrict To Z – ограничено померање објекта по Z-оси;



Restrict To Plane XY – померање објекта у равни по X и Y-оси;



Restrict To Plane YZ – померање објекта у равни по Y и Z-оси;



Restrict To Plane ZX – померање објекта у равни по Z и X-оси;



Restrict To X (Rotation) – ограничено ротирање објекта око X-осе;



Restrict To Y (Rotation) – ограничено ротирање објекта око Y-осе;



Restrict To Z (Rotation) – ограничено ротирање објекта око Z-осе;



Move And Rotate – померање и ротирање објекта у било ком смеру;



Axis World – померање објекта око оса X, Y и Z у координатном систему;



Axis Local - померање објекта дуж правца кретања тј .ограниченом простору;



Use Selected Center- померање објекта помоћу изабраног центра



Use Pivot Point Center - померање објекта помоћу централног центра



Snaps Toggle – приказује тежиште објекта приликом померања.

4.3.Опције менија *create*

У менију **Create** постоје алатке које су потребне за уређење подлоге потребне за симулацију саобраћајне незгоде попут 2D или 3D помоћних објекта, као што су светлосна саобраћајна сигнализација, кривина, путева, елипса, линија, полигона итд. Такође мени **Create** садржи подмени **Physics** који се тиче саме динамике кретања возила.

У оквиру менија **Create** подмени **Standard Primitives 3D** садржи следеће алатке:

-  **Sphere: Center, Radius** – лопта помоћу центра и полупречника
-  **Sphere: Diameter** – лопта помоћу пречника
-  **Box: Corner to Corner, Height** – квадар од темена до темена и висина
-  **Box: Center, Corner, Height** – квадар од центра до темена и висна
-  **Box: 3 points, Height** – квадар помоћу три тачке и висине
-  **Cone: Center, Radius, Height** – купа помоћи центра, полупречника и висине
-  **Cone: Diameter, Height** – купа преко пречника и висине
-  **Cylinder: Center, Radius, Height** – ваљак преко центра, полупречника и висине
-  **Cylinder: Diameter, Height** – ваљак помоћу полупречника и висине
-  **Ellipsoid: By Corners** – Елипсоид од темена до темена
-  **Ellipsoid: From Center** – Елипсоид од центра
-  **Ellipsoid: Diameter** – Елипсоид помоћи пречника

Extended Primitives 3D садржи следеће алатке:

-  **Plane** – додавање равни
-  **Semaphore** – додавање семафора
-  **Extrusion From Shape** –извлачење из облика
-  **Camera** – додавање камере због посматрања из више углова.

У оквиру подменија **Shapes 2D Filled** налазе се следеће алатке које омогућавају уцртавање објеката који су површински испуњени:

-  **Road** – додавање пута
-  **Crossroad** – додавање раскрснице
-  **Circle: Center, Radius** – додавање круга преко центра и полупречника
-  **Circle: Diameter** – додавање крга преко пречника
-  **Circle: 3 Points** – додавање круга преко 3 специфиче тачке
-  **Rictangle: Corner to Corner** – четвороугао преко темена

-  **Rictangle : Center, Corner** – четвороугао преко центра и полупречника
-  **Rictangle: 3 Points** – четвороугао преко 3 специфичне тачке
-  **Polyline** – додавање вишеугла
-  **Free Hand** – додавање слободоручног цртежа
-  **Curve** – закривљене линије
-  **Ellipse: By Corners** – елипса преко темена
-  **Ellipse: From Center** – додавање елипсе од центра
-  **Ellipse: Diameter** – додавање елипсе помоћу пречника
-  **Text**- додавање текста

Подмени **Shapes 2D** садржи алатке као што су:

-  **Circle: Center, Radius** – додавање круга преко центра и полупречника
-  **Circle: Diameter** – додавање круга преко пречника
-  **Circle: 3 Points** – додавање круга преко 3 специфичне тачке
-  **Rictangle: Corner to Corner** – четвороугао преко темена
-  **Rictangle : Center, Corner** – четвороугао преко центра и полупречника
-  **Rictangle: 3 Points** – четвороугао преко 3 специфичне тачке
-  **Line** – Цртање линија
-  **Polyline** – додавање вишеугла
-  **Free Hand** – додавање слободоручног цртежа
-  **Curve** – закривљене линије
-  **Ellipse: By Corners** – елипса преко темена
-  **Ellipse: From Center** – додавање елипсе од центра
-  **Ellipse: Diameter** – додавање елипсе помоћу пречника
-  **Arc** – цртање лука преко центра, почетка и краја
-  **Arc** – цртање лука преко три специфичне тачке

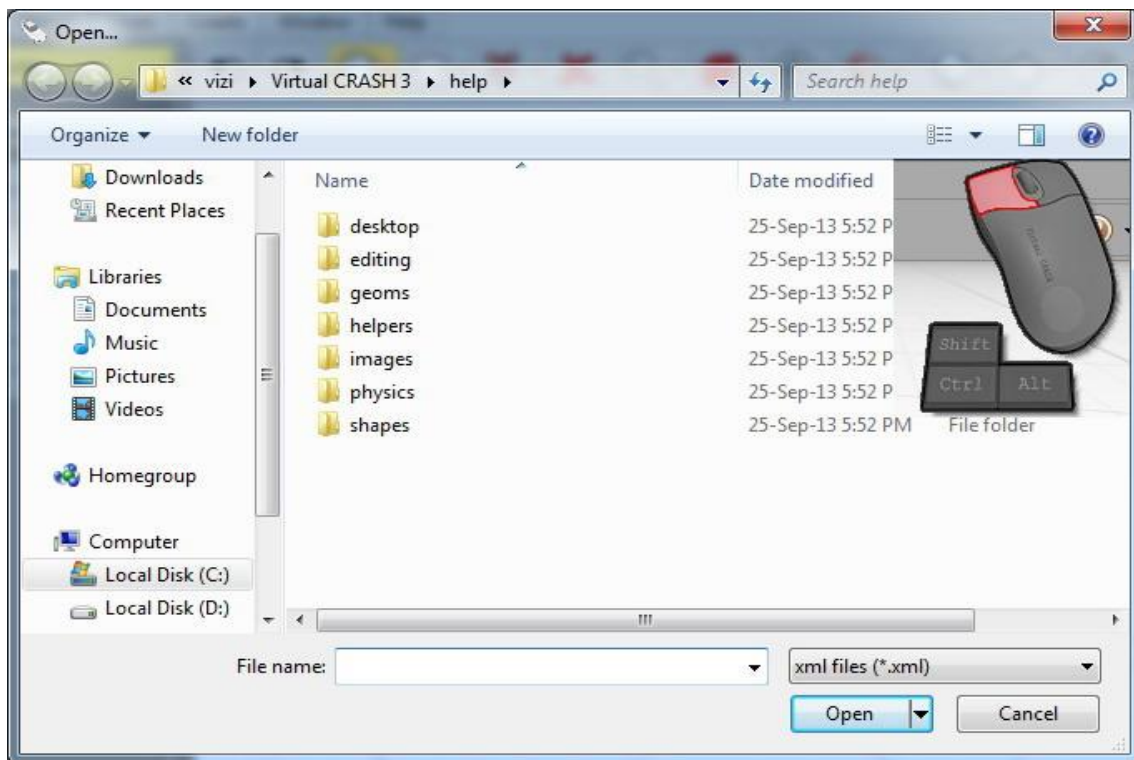
Подмени **Helpers 2D** садржи следеће алатке:

-  **Dimension line** – линија за димензионисање објеката
-  **Axes** – додавање координатни систем
-  **Triangular method** – метод троугла
-  **Dynamics info** – информације о динамици

Подмени **Physics** садржи релевантне алатке као што су:

-  **Make Rigid Body From Selection**– прави круто тело од обележеног објекта;
-  **Unyielding/Terrain From Selection**– прави нагиб одабраног објекта;
-  **Remove Physics From Selection** – уклања динамику обележеног објекта;
-  **Add Kinematics To Selection**– додаје кинематику кретања возила;
-  **New Simulation Point**– додаје нову тачку симулације кретања;
-  **Stop Simulation**– стопира симулацију кретања;
-  **Add Friction To Seleted 2D Shapes**– додати трење одабраном 2D облику;
-  **Spherical Joint**– додаје сферни зглоб тј. спој између возила;
-  **Hinge Joint**– додаје зглоб у виду шарке између два возила;
-  **Universal Joint**– додаје универзални зглоб;
-  **Car-Wheel Joint**– додаје зглоб у виду вешања тј. амортизера;
-  **Ragdoll Joint**– формира зглоб попут зглоба на лакој полуприколици;
-  **Slider Joint**– додаје телескопски зглоб.

Програм има изузетно добро креиран *Help* са демонстрацијом коришћења појединих алатки и репродуковањем готових примера (*Слика 7.*) уз приказивање начина коришћења миша и тастатуре у конкретном примеру.

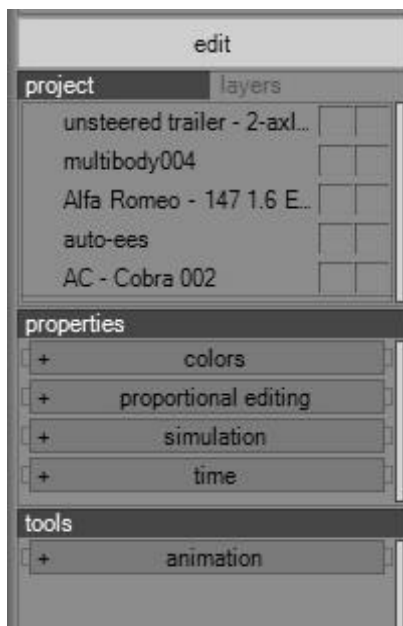


Слика 7. Примери за репродукцију у Help-у

У овом поглављу наведене су опције менија и алатка и њихова значења док ће конкретни примери динамике возила бити детаљно описани у следећем поглављу овог рада.

4.4.Опције падајућег менија *Edit*

Падајући мени *EDIT* (Слика 8.) налази сена левој страни радне површине програмског пакета *Virtual CRASH3* и повезан је са динамиком кретања возила тј.подешавањима везаним за кретање возила.



Слика 8. Приказ падајућег менија *EDIT*

Мени *EDIT* садржи три врсте подменија, а то су:

- 1) Project;
- 2) Properties;
- 3) Tools.

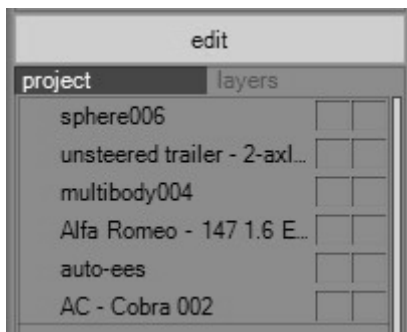
Да би се активирале додатне опције самог менија, пре свега потребно је селекувати жељено возило. Када се обележи возило на левој страни радне површине програма активирају се додатне опције потребне за даље подешавање самог пројекта.

Потребно је посебно нагласити да изглед самог менија неће бити исти уколико се селекује аутомобил, мотоцикл, вучно возило, приколица или пак пешак, већ ће се мењати у зависности параметара који су различити за сваку од претходно наведених категорија.

4.4.1. Опције подменија Project у падајућем менију *EDIT*

Подмени *Project* (Слика 7.) садржи све елементе који су укључени у раду самог пројекта корисника. Сами програм садржи елементе као што су: мотоцикл, вучно возило, приколица, пешак, кривине, камеру, пут, светлосну и вертикалну сигнализацију и остале објекте.

У овом подменију жељени објект се селекује левим кликом миша, и могуће је сакрити тај објект или замрзнути његову симулацију кретања опцијама “hide” или “freeze”, деселектовање жељеног објекта реализује се кликом на десни тастер миша.



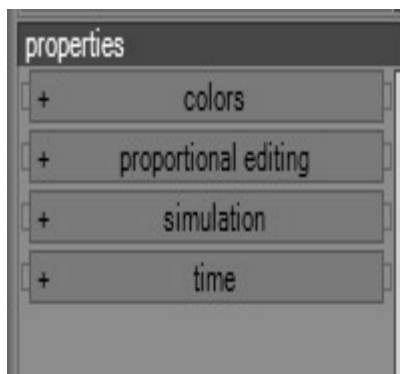
Слика 9. Приказ подменија *Project*

На слици 9. приказан је изглед менија *Project* као и поред сваког објекта два квадрата који представљају опције “hide” и “freeze” тј. сакрити и замрзнути.

3.4.2. Опције подменија Properties у падајућем менију *EDIT*

У подменију *Properties* налазе се опције за сваку врсту елемената посебно, разликује се неколико врста подменија у зависности од жељене категорије као што су:

- 1) Подмени *Properties* возила;
- 2) Подмени *Properties* пешака;
- 3) Подмени *Properties* објекта;



Слика 10. Изглед подменија *Properties*

На слици 10. приказан је изглед подменија *Properties* уколико није селектован ниједан елемент наведен у претходној подели, а подразумева промену боје позадине радне површине, боју селектованог објекта, пропорцијално уређивање пројекта, попут радијуса или увећавања. Могуће је и подешавање елемената симулације, као и самог времена трајања симулације. У овом раду ће бити речи само о подешавањима возила тј. динамике кретања возила.

4.4.2.1. Подмени *Properties* возила

У подменију *Properties* везан за подешавања возила, налазе се опције које су релевантне за само кретање возила а ту спадају подешавања:

- 1) Осовине;
- 2) Кочења;
- 3) Контакта;
- 4) Динамике;
- 5) Димензије возила;
- 6) Позиције;
- 7) Ограничења;
- 8) Масе;
- 9) Величине;
- 10) Локалне позиције;
- 11) Пројекције;
- 12) Локалне ротације;
- 13) Секвенце;
- 14) Остало.

Свака од претходно наведених категорија, које се користе у подешавањима возила, биће детаљно описана у наредним поглављима овог рада.



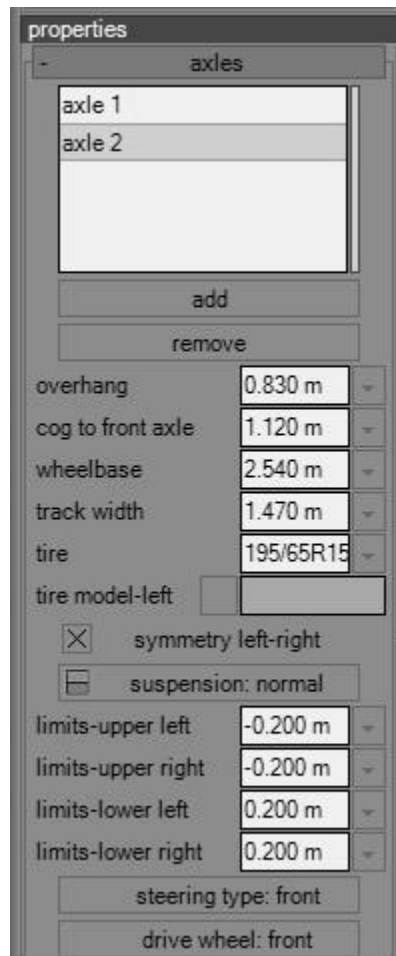
Слика 11. Графички приказ подменија *Properties* везан за подешавања возила

На слици 11. приказан је графички приказ подменија *Properties* везан за подешавања возила и садржај његових алатки, које се даље расчлањавају у своје подгрупе.

4.4.2.1.1. Подешавања осовине возила

У подешавањима осовине возила (Слика 12.) постоји одабир између предње и задње осовине. Када се изабере осовина возила разликују се опције у којима се подешавају препусти возила, међуосовинско растојање, модел пнеуматика, ширина, висина, величина пнеуматика.

Као новина у овом програму последње верзије 3, постоји могућност промене вешања возила. У понуди су четири врсте подешавања вешања, као што су нормално вешање, круто или мекано вешање, и остављена је могућност корисницима да сами ручно подешавају тврдоћу вешања возила.



Слика 12. Графички приказ подешавања осовине возила

Такође постоји могућност промене управљајућих осовина и могућност промене погона предње и задње вуче, као и погона на сва четири точка.

4.4.2.1.2. Подешавање кочења возила

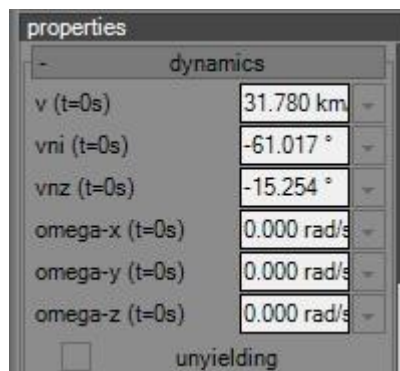
Подешавања кочења возила која се налазе у падајћем менију *EDIT*, су следећа:

- 1) Електронска контрола кочења возила у кривини;
- 2) ABS систем блокирања точкова;
- 3) ESP систем стабилности.

Активирање и подешавање наведених опција релевантних за кочење возила биће детаљно описана у поглављу 4.2 овог рада.

4.4.2.1.3. Подешавања динамике возила

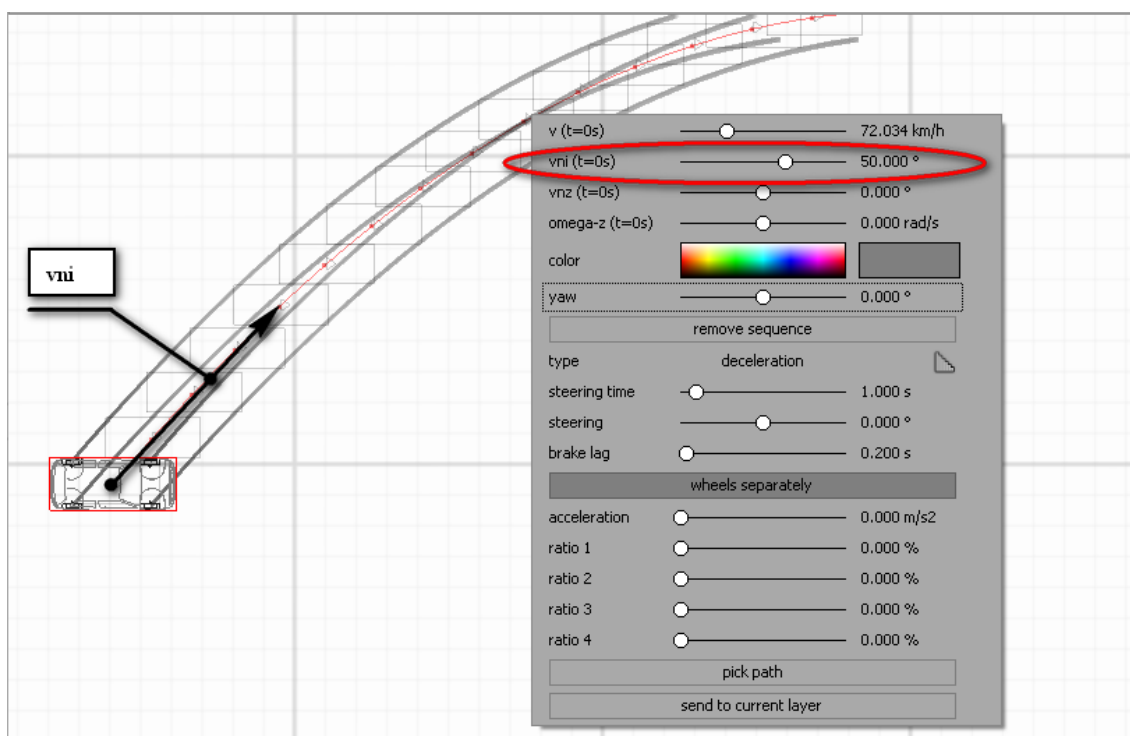
Подешавање динамике возила подразумева промену брзине кретања, попречно и подужно померање возила у односу на кретање, окретање возила око X-осе, окретање возила око Y-осе и окретање возила око Z-осе. На слици 13. приказан је изглед подменија подешавања динамике возила.



Слика 13. Графички приказ подешавања динамике возила

Промена брзине возила могућа је у распону од минималних вредности, па све до максималних 250 километара на час.

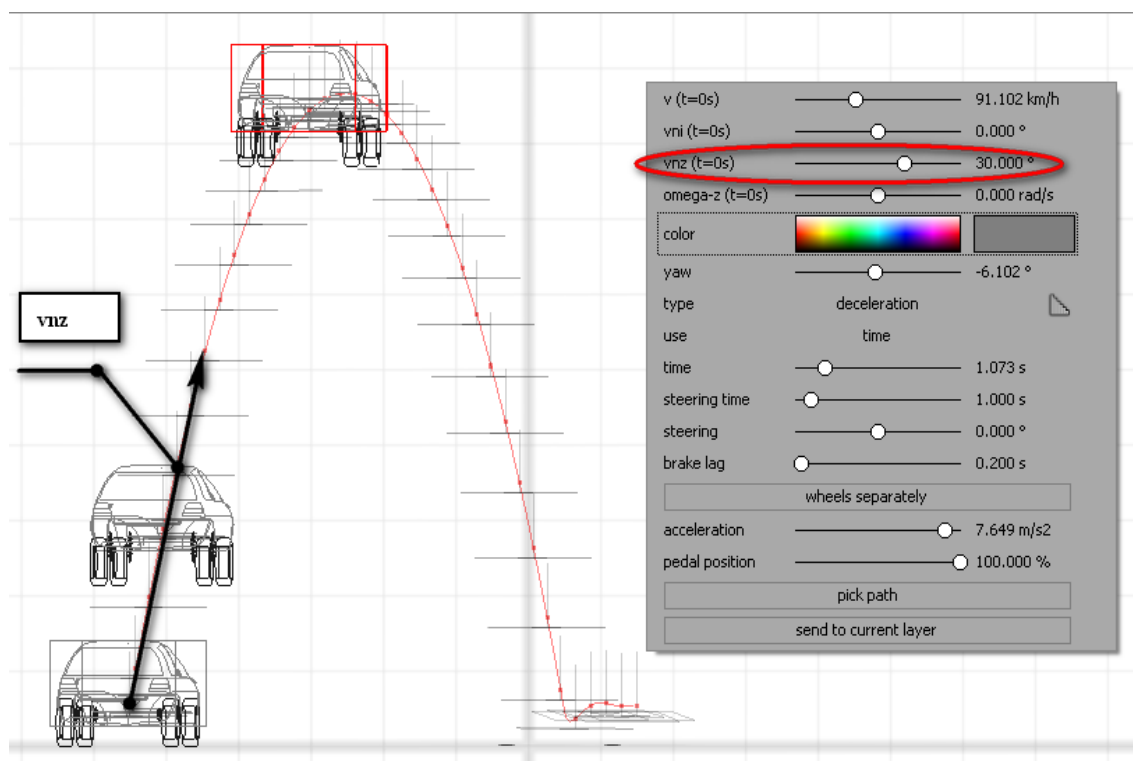
Правац брзине у односу на уздужну осу возила преко параметра vni , је такође могућ и то у распону од 0° до $\pm 180^\circ$. У случају да се возило креће са заносењем (слика 14.), дакле када брзина није колинеарна са његовом уздужном осом, параметар vni добија вредност различиту од нуле.



Слика 14. Приказ возила када брзина није колинеарна са његовом уздужном осом

Параметар vnz представља промену кретања возила по уздужном нагибу, промена је изражена у степенима. Возило ће се кретати по уздужној оси ако је параметар vnz различит од нуле. Вредности овог параметра крећу се у распону од 0° до $\pm 90^\circ$.

Промена параметра vnz приказано је на слици 15. и представља возило које се креће по уздужном нагибу.

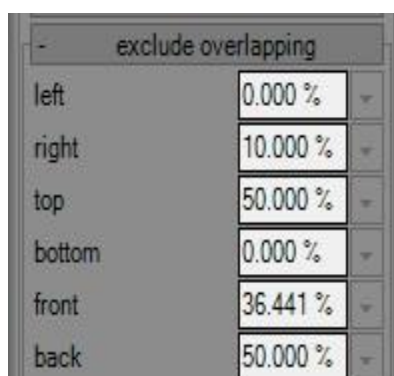


Слика 15. Кретање возила по уздужном нагибу када је промењен параметар v_{nz}

Такође постоји и опција која када је активирана, искључује симулацију изабраног возила.

4.4.2.1.4. Подешавања димензије возила

У подешавањима димензије возила, налазе се опције које омогућавају промене величине возила сваке стране посебно, како леве и десне, тако и горње и доње стране возила. На слици 16. дат је графички приказ поменутог менија.

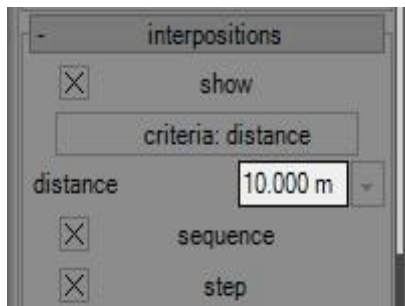


Слика 16. Графички приказ подешавања димензије возила

У подешавањима димензије возила постоји могућност промене предњег и задњег и задњег препуста возила. Промене димензије возила исказане су у процентима. Предњи препуст возила представља растојање од најистуреније предње тачке возила до центра предње осовине возила, а задњи препуст растојање од најистуреније задње тачке возила до центра задње осовине возила.

4.4.2.1.5. Подешавања позиције возила

Подешавања позиције возила представљају подешавања која су везана за подешавања симулације кретања возила. Могуће је као прву приказати или сакрити симулацију кретања, затим када је укључена симулација могуће је подесити два типа приказа симулације, симулација приказа по времену или по месту. Постоји могућност мануелне промене места возила у симулацији у метрима, уколико је изабрана опција промене симулације кретања возила по дистанци тј. месту.



Слика 17. Графички приказ подешавања позиције возила

На слици 17. налази се графички приказ подешавања позиције возила, такође је могуће приказати возило у симулацији по секвенцама или по корацима кретања.

4.4.2.1.6. Подешавања ограничења возила

Подешавања ограничења возила представљају промену максималног угла скретања возила изражене у степенима, а максимални скретни угао у овом програмском пакету ограничен је на 90°.

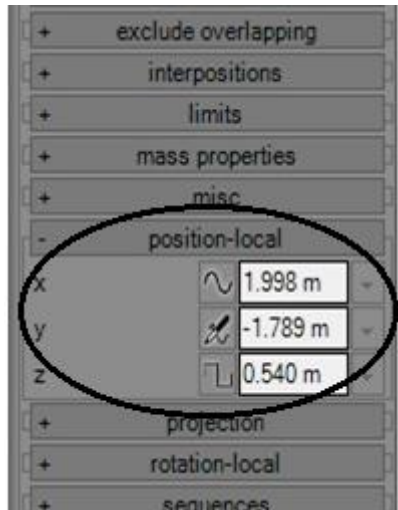


Слика 18. Графички приказ подешавања ограничења максималног угла скретања возила

У програмском пакету *Virtual CRASH3* ова опција је новина, претходне верзије овог програма нису подржавале опцију ограничења максималног угла скретања, а њен графички приказ дат је на слици 18.

4.4.2.1.7. Подешавања локалне позиције возила

Подешавања локалне позиције возила базирана су на померању возила по осам координатног система. Возило је могуће померати по X-оси, по Y-оси, као и по Z-оси. Подешавања се реализују у метрима. Такође у овој новијој верзији програма додате су опције које омогућавају подешавања локалних позиција преко посебних дијаграма који се могу конфигурисати и мењати координате по жељи или пак по утврђеној шеми као што је криволинијско, слободоручно или кретање под правим углом.

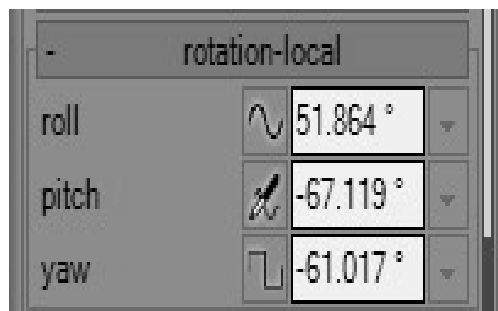


Слика 19. Графички приказ подешавања локалне позиције возила

На слици 19. приказан је изглед подешавања локалне позиције возила у метрима.

4.4.2.1.8. Подешавања локалне ротације возила

Подешавања локалне ротације возила подразумевају промену попречног и подужног нагиба кретања, као и скретања правца кретања возила. Промена тих параметара изражена је у степенима. Пример тих подешавања дат је на слици 20.



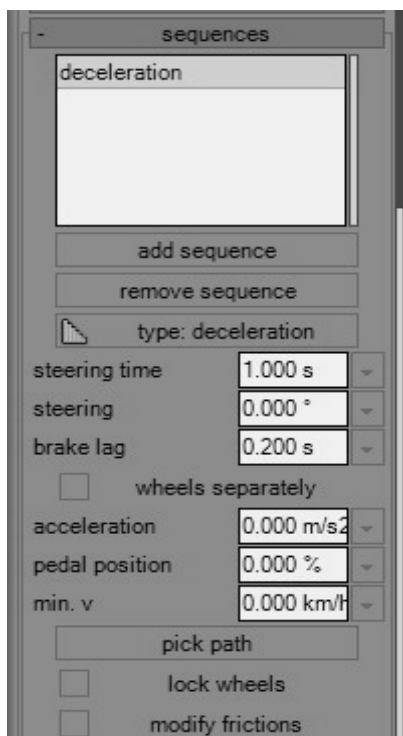
Слика 20. Графички приказ подешавања локалне ротације возила

У овим подешавањима могуће је изградити и мануелно мењати тачке дијаграма за сваки од наведених параметара. Понуђено је неколико опција промене кретања, као што су: криволинијско, константно, слободоручно и кретање у виду угла од 90°.

4.4.2.1.9. Подешавања секвенце кретања возила

Подешавања секвенце кретања возила представљају тачке кретања симулације возила где се могу додати или уклонити жељене секвенце. Могућа је промена

начина кретања како напред, тако и возња уназад. У овим подешавањима постоје и параметри као што су: угао скретања и време потребно за скретање, убрзање, време кочења, минимална брзина, блокада точкова, подешавања трења итд.

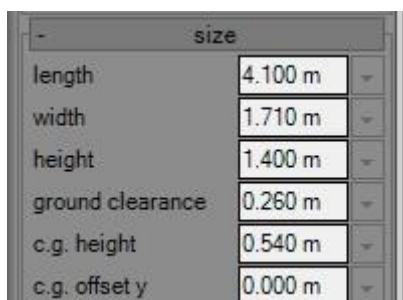


Слика 21. Графички приказ подешавања секвенце кретања возила

Опција *wheels separately* омогућава одвајање сваког точка посебно. тј. подешавање окретање сваког точка посебно. На слици 21. дат је графички приказ подешавања секвенци возила.

4.4.2.1.10. Подешавања величине возила

У овом подменију постоји могућност промене величине возила, попут дужине, ширине, висине, клиренса возила, као и положај тежишта.

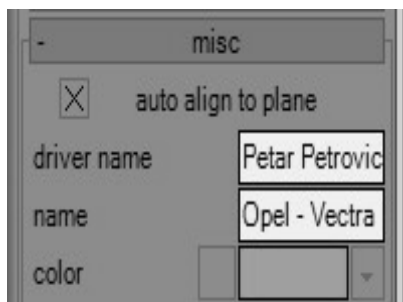


Слика 22. Графички приказ подешавања величине возила

На слици 22. приказан је мени са подешавањима димензије возила, које се изражавају у метрима.

4.4.2.1.11. Остала подешавања возила

Остала подешавања возила подразумевају промену назива возила и возача тог возила, могуће је променити и боју возила. Изглед менија осталих подешавања возила биће приказан на слици 23.

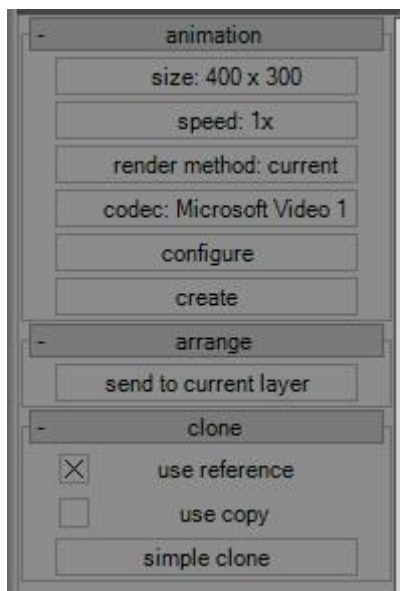


Слика 23. Графички приказ осталих подешавања возила

У овом менију постоји још и алатка која служи да врати објекат у нивоу равни, уколико је нпр. објекат померен по Y-оси.

4.4.3. Опције подменија Tools у падајућем менију EDIT

Опције подменија *Tools*, у падајућем менију *EDIT*, су предодређене за уређивање саме симулације. У менију се налазе подешавања анимације као што је резолуција, брзина приказивања симулације, поређења, конфигурације, као и клонирање објеката тј. дуплирање. На слици 24. приказан је изглед опције *Tools*.



Слика 24. Графички приказ опција подменија Tools у падајућем менију EDIT

Резолуција анимације симулације креће се у дијапазону од 320 x 240 пиксела па све до максималних 1920 x 1080 пиксела. Брзину симулације такође је могуће променити од нормалог приказивања, па све до 16 пута бржег.

Такође дуплирање објекта омогућено је користећи референце и користећи копије, као и просто клонирање тј. дуплирање [1].

5. ПРИМЕНА АЛАТИКИ VIRTUAL CRASH 3.0 У РЕКОНСТРУКЦИЈИ САОБРАЋАЈНИХ НЕЗГОДА И СУДАРА

У претходним поглављима детаљно су описане алтке, менији и подменији који се користе при судару возила где се говорило више са аспекта информатике, док ће у даљем раду бити више акцента на конкретним примерима коришћења алатки везаних за сударе возила са саобраћајног аспекта.

5.1. Судар возила

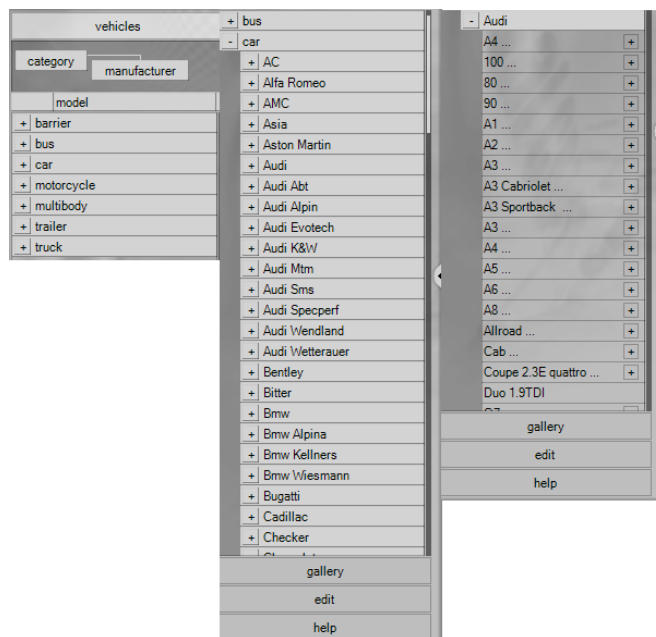
Да подсетимо програм *Virtual Crash 3* нам омогућава да визуално пратимо кретање учесника у саобраћајној незгоди од претпостављених позиција пре реаговања возача, преко сударних до зауставних позиција.

Када започињемо реконструкцију саобраћајне незгоде у симулационом програму, први корак нам је увођење учесника у саобраћајној незгоди на радну површину и постављање у претпостављену сударну позицију. Сударна позиција се одређује на основу трагова на лицу места саобраћајне незгоде који су унети у увиђајну документацију.

Додавање учесника у саобраћајној незгоди се врши тако што се у падајућем менију изабере опција **Vehicles** која даље отвара подопције са типовима возила:

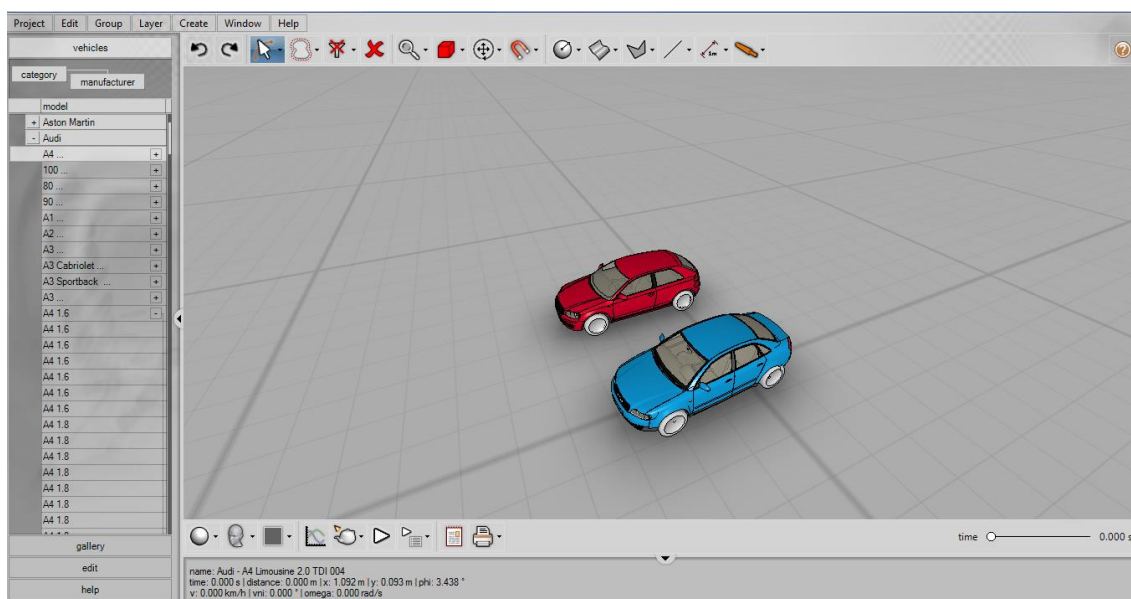
- 1) Barrier;
- 2) Bus;
- 3) Car;
- 4) Motorcycle;
- 5) Multibody;
- 6) Trailer;
- 7) Truck.

Даље када отворимо један од подменија отварају нам се типови возила према бренду и моделу тог бренда (*Слика 25.*). Када вршимо реконструкцију саобраћајне незгоде одабир модела возила је према учесницима у саобраћају. **Virtual CRASH3** обухвата све моделе возила којима је такође могуће додавати додатна оптерећења, вучена возила, приколице, полуприколице итд.



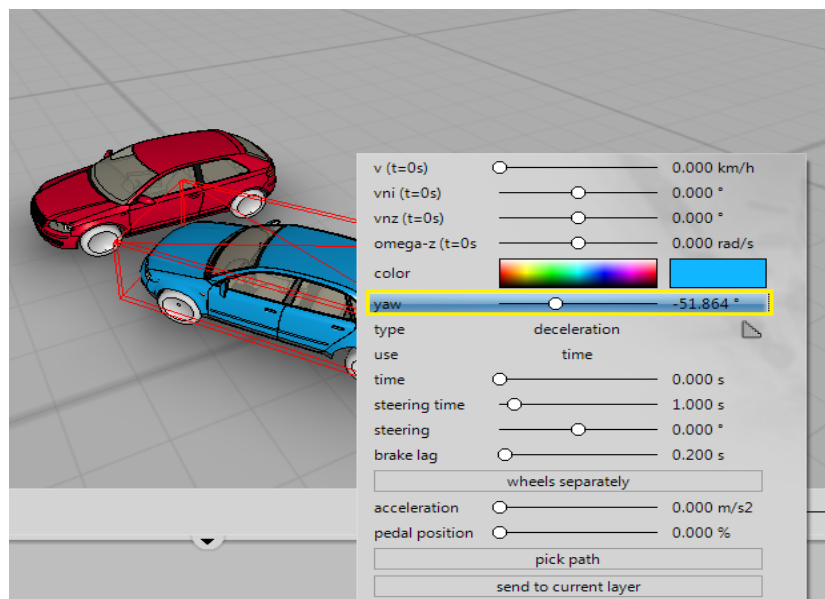
Слика 25. Графички приказ менија Vehicles и његових подопција

Након што су возила убачена на радну површину (Слика 26.) неопходно је поставити их у претпостављене сударне положаје.



Слика 26. Возила на радној површини

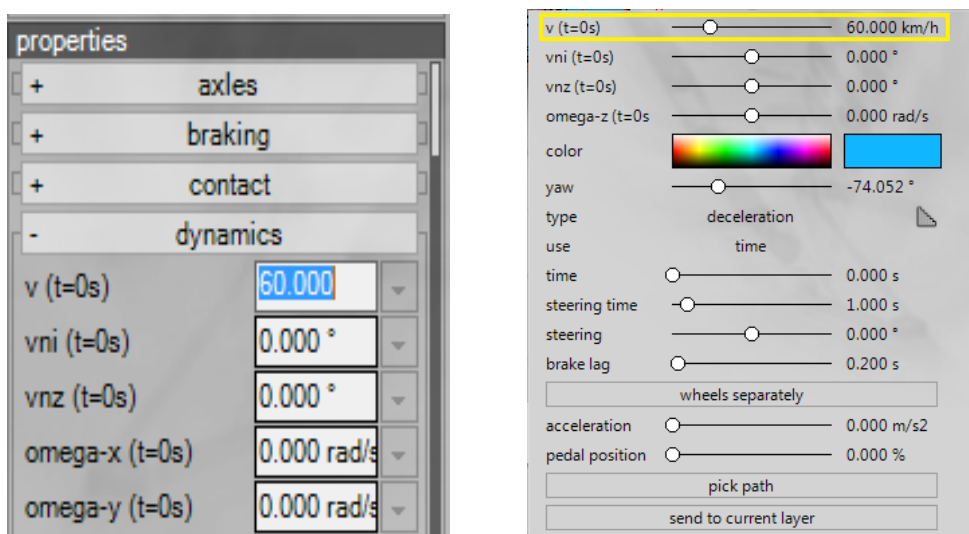
Да би поставили возила на сударне положаје, потребно је изабрати алатку **Select and Move**, кликнути на једно од возила и на темену црвеног квадрата око возила појављује се круг са стрелицом на том месту кликнути, задржати и померати курсор горе или доле како би заротирали возило. Такође је могуће кликнути десним кликом на возило које желимо да заротирамо и помоћу клизача **yaw** (Слика 27.) подесити за колико степени желимо да заротирамо возило.



Слика 27. Ротирање возила

Након тога пренесемо курсор на возило, где се појави крст са стрелицама у свим правцима, где кликом са задржавањем померамо возило по x и y оси на радној површини. Када смо исте кораке поновили на оба возила и поставили их у претпостављене сударне положаје приступамо измени динамике возила (поглавље 3.4.2.1.3.).

Возилима која се налазе у тачки судара задају се параметри у тренутку судара као што су убрзање, успорење, брзина, радијусе кретања, боју возила, време потребно за скретање, време одзива кочница итд. (Слика 28.), који су петходно прорачунати и који се даље могу кориговати у симулацији како би дошли до сударних позиција. Дакле, до динамике возила долази се у падајућем менију **edit/properties/dynamics** или десним кликом на возило и у менију који се отвори подесити потребне параметре (Слика 28.).



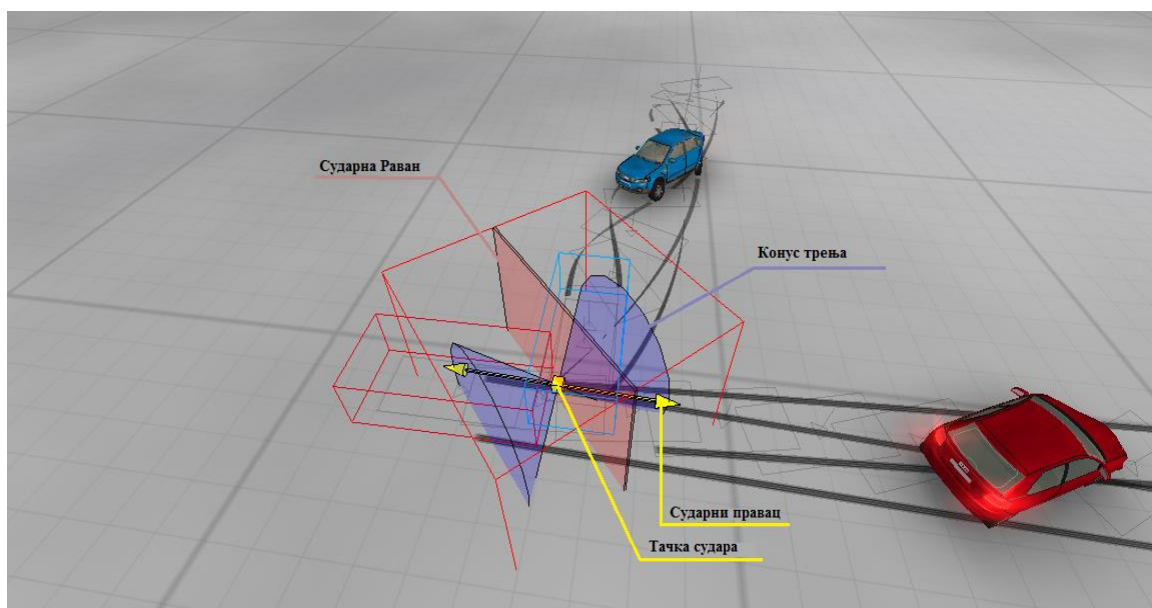
Слика 28. Графички подешавања брзине возила

5.2. Тачка судара, сударни правац, сударна равна и конус трења

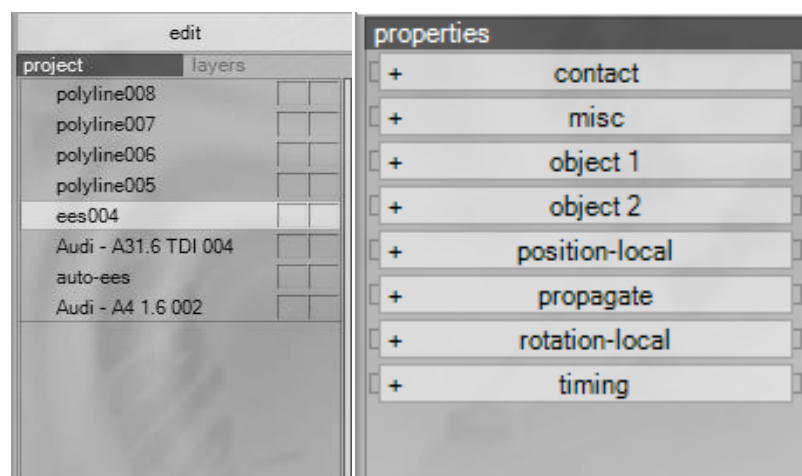
У падајућем менију **Edit/Project** кликом на опцију **ees004** на радној површини се појављује квадар оивичен црвеним линијама са сударним параметрима који се израчунавају на основу пре-сударних параметара са слике 29. После сударни параметри се рачунају на основу следећих услова у тачки контакта:

- 1) Тачка судара,
- 2) Сударни правац,
- 3) Сударна равна,
- 4) Конус трења.

Такође у менију **Edit/Properties** отварају се подменији у којима се налазе опције везане за судар возила (**Слика 30.**).



Слика 29. Тачка судара, сударни правац, сударна равна и конус трења



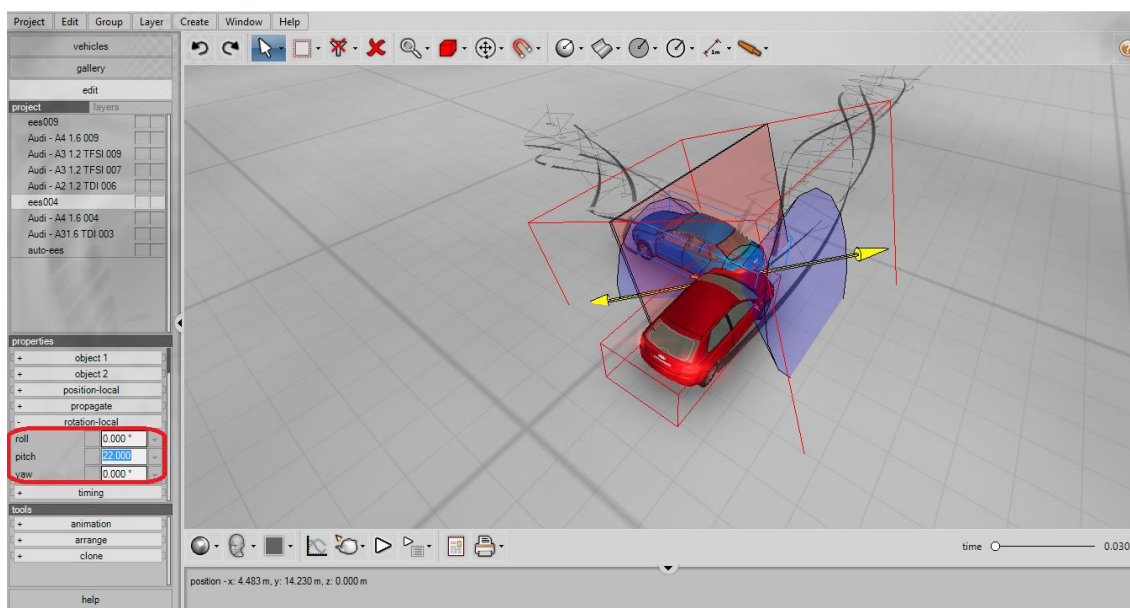
Слика 30. Графички приказ менија EDIT и подменија PROPERTIES

Тачка судара је једна тачка где долази до контакта површина два возила, на слици 29 означена као жута коцка у средини сударног правца. Позиционирање

тачке судара може бити аутоматско, а може и бити померана од стране корисника. Мануелно померање може се извести по x, y и z оси (поглавље 4.5. Локално позиционирање).

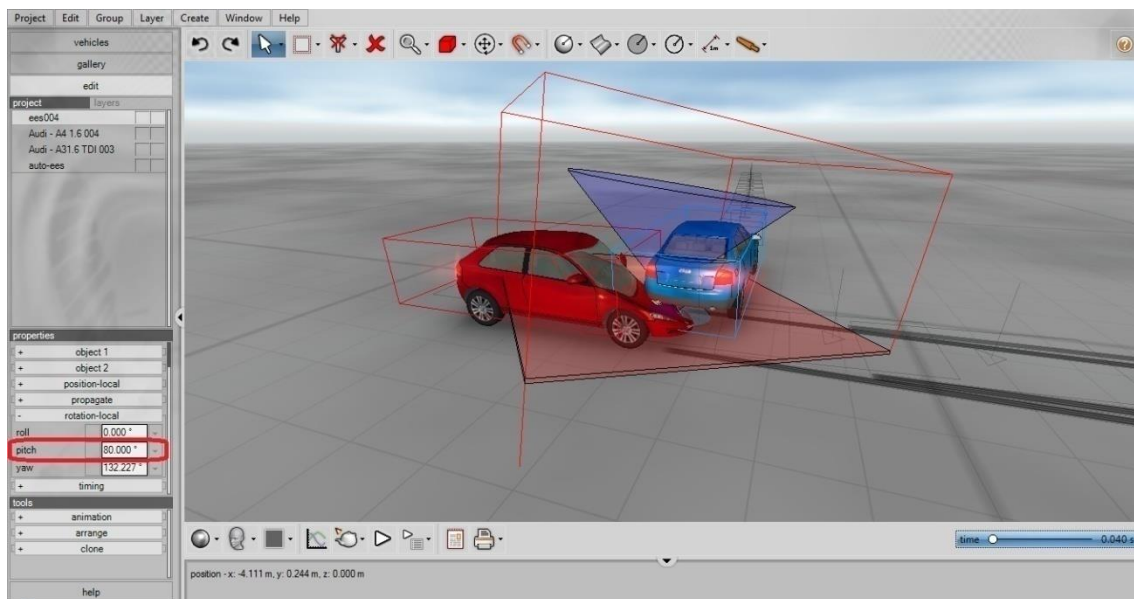
Сударни правац је правац положен кроз тачку судара аутомобила у току судара паралелан са смером релативне брзине тежишта (**Слика 29.**). Приликом судара два аутомобила на том правцу делује сударни импулс. Положај сударног правца при судару два аутомобила не зависи само од њиховог смера кретања, већ и од величина њихових брзина. На основи положаја сударног правца, могу се одредити правци којима се један или други аутомобил кретао на последњим сантиметрима пута до тренутка судара [5]. На слици 29. сударни правац је означен као вектор у оба смера обојен жутом бојом.

Сударна раван Када корисник реконструише незгоду, он мора да постави возила у сударне позиције са тачним преклапањем површина возила. Спољне линије возила сада имају две одговарајуће тачке. Сударна раван је тада дефинисана кроз линију која пролази кроз ове две тачке. На слици 29. означен је као црвено офарбан правоугаоник. Након позиционирања тачке судара, сударна раван и конус трења су дефинисани аутоматски[3]. Корисник такође може да подешава сударну раван. Могуће је ротирати раван што ће изазвати другачији контакт код возила, другачије деформације и зауставне позиције (**Слика 31.**).



Слика 31. Ротирање сударне равни

Конус трења, на слици 29. плаво офарбане купе на чијим врховима се налази тачка судара. За време трајања прве фазе судара, деформационе фазе, возила се крећу кроз конус трења. Све време које проведу у области конуса трења возила су у контакту и то резултује одређеним деформацијама на возилима. Када возила напусте област конуса трења наступа друга сударна фаза, фаза реституције, и возила се поново раздвајају. Мануелно ротирајући сударну раван, мења се и конус трења. Према томе јасно је да се и деформације на возилима мењају (**Слика 32.**).



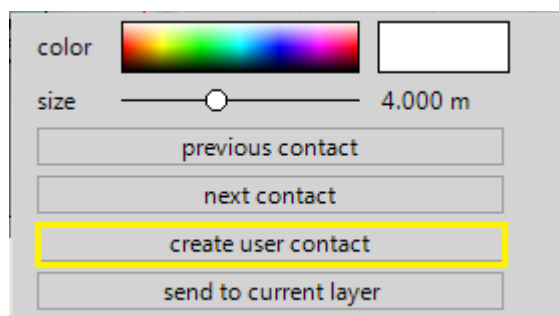
Слика 32. Графички приказ промене деформације возила након ротирања конуса трења

5.3. Креирање контакта учесника – *Create user contact*

Десним кликом на квадар са ударним правцем и тачком контакта, отвара се прозор са опцијама (**Слика 33.**):

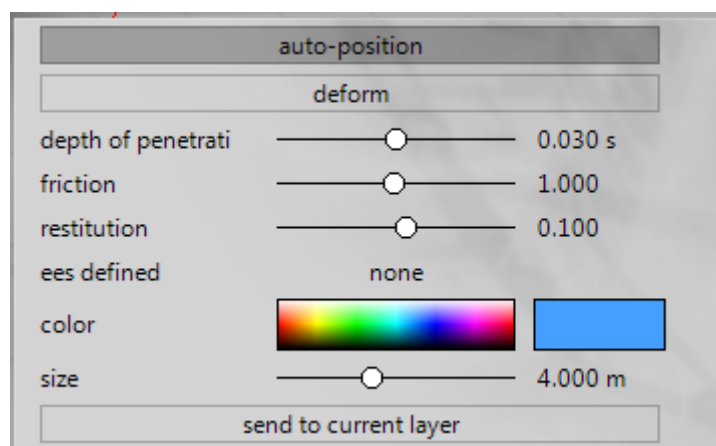
- 1) Previous contact
- 2) Next contact
- 3) Create user contact
- 4) Send to current layer.

Прве две опције служе у случају када код судара има више од једног контакта, то јест где има више од једне сударне тачке како би пребацили на претходну односно на наредну сударну тачку.



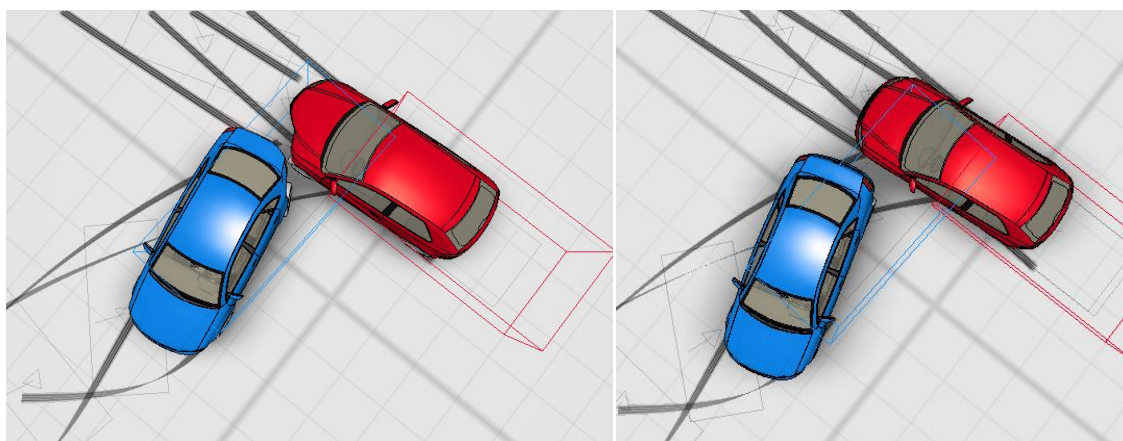
Слика 33. Графички приказ менија везаног за контакт возила

Опција **Create user contact** отвара нови прозор (**Слика 34.**) у коме је могуће подесити ауто позиционирање ударног правца и тачке контакта, које је по стандардном укључено. У случају да се **auto-position** искључи могуће је ударни правац позиционирати по x, y и z оси, такође га је могуће и ротирати око истих оса што ће довести до других контакта возила и другачијих зауставних позиција.



Слика 34. Графички приказ прозора *Create user contact*

Опција **Deform** омогућава да визуелно путем симулације пратимо деформације на возилима (Слика 35.). Неопходно је за сваки контакт укључити опцију **Deform** како би деформације на возилима биле потпуне.



Слика 35. Деформације возила на слици лево са укљученом опцијом **Deform** и десно када је искључена опција **Deform**.

Клизач **Depth of penetration** служи за повећање односно смањење дубине продора приликом контакта што директно утиче на величину деформације аутомобила.

Клизач **Friction** служи за повећавање и смањивање силе трења између површина аутомобила. Коефицијент трења се користи само код судара са клизањем. Судар ће бити са клизањем када је сударни правац изван конуса трења. Ово је случај када сударни правац прави угао са сударном равни већи од 45° у оба правца. Коефицијент трења између површина возила је веома мало испитан, тако да би требало избегавати измену од стандардне величине у **Virtual CRESH** програму [3].

Клизач **Restitution** служи за повећавање односно смањивање коефицијента реституције. Коефицијент реституције се креће у границама од 0 што подразумева да је судар потпуно пластичан, па до 1 где је судар потпуно еластичан. Што значи да неће бити деформације након судара. За сударе са великим брзинама

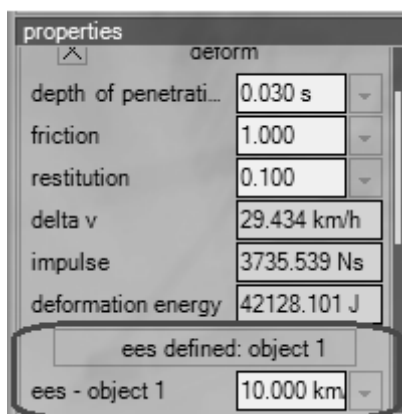
коэффициент реституције се креће од 0-0.1, док код судара са малим брзинама коэффициент долази и до 1. У Virtual Crash 3 реституција се креће од -1 па до 1. Где негативне вредности служе кад возило пролази једно кроз друго и нема заједничких вредности [3].

Ees defined се користи у случајевима када је EES¹ величина једног аутомобила позната док ће програм аутоматски прорачунати величину другог аутомобила (Слика 36.).

5.3.1. Подмени - *contact*

У падајућем менију **Edit/Properties/Contact** (Слика 36.) осим поменутих опција налазе се и:

- 1) Delta V
- 2) Impulse
- 3) Deformation energy
- 4) EES – Object 1 или 2 у зависности ког возила је EES величина позната.



Слика 36. Графички приказ *Contact* менија

Delta V је основа за оцену величину оштећења возила и могућих повреда код возача и путника током судара. Овај параметар представља промену брзине тежишта у сударној фази од примарног контакта возила до тренутка њиховог раздвајања. Представља разлику сударне и после сударне брзине, другим речима **Delta V** је брзину коју возило изгуби у тренутку судара [4].

Impulse означава силу која је деловала у тренутку судара у тачки контакта два возила.

Deformation energy представља енергију која је утрошена приликом судара.

Equivalent Energy Speed-EES дефинисали су Бургм Мартин и Зедлер, 1980 године када је усвојена и његова општа употреба. Возило своју кинетичку енергију коју поседује у тренутку судара током сударног процеса, највећим делом

¹ EES преставаља брзину која одговара деформационој енергији

утроши на деформациону енергију. У реконструкцији и истраживању саобраћајних незгода овај параметар се често користи, и јако га је лако одреди због EES каталога.

Еквивалентна брзина којом би одређено возило требало да ступи у контакт са неким непомичним и недеформабилним објектом како би утрошио деформациону енергију која одговара преосталим оштећењима на возилу. На овај начин енергија утрошена на пластичне деформације може се изразити као кинетичка енергија возила са виртуалном вредношћу брзине. Ово је скаларна величина, тако да је одређена само интезитетом.

EES је сличан EBS-у или еквивалентној брзини удара у баријеру (Equivalent Barrier Speed), тај израз се чешће употребљава у Северној Америци. Разлика између ова два је да EES узима у обзир одбојну брзину судара. Зато EES може прилично да одступа од EBS у сударима при ниским брзинама са вишим коефицијентом реституције. Међутим, за сударе са EBS већим од 16 km/h разлика је незнатна [4].

Распоред деформационе енергије између два возила у судару зависи од маса возила и дубине деформације. Према Бургу:

$$\frac{EES_1}{EES_2} = \sqrt{\frac{m_2 \cdot S_{Def1}}{m_1 \cdot S_{Def2}}} \quad (31.)$$

$$EES_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot E_D}{m_2 \cdot \left(\frac{S_{Def1}}{S_{Def2}} + 1\right)}} \quad (32.)$$

Где је:

m_1, m_2 = масе возила

S_{Def1}, S_{Def2} = дубина деформације оба возила, од површине ка тачки судара, у линији вектором

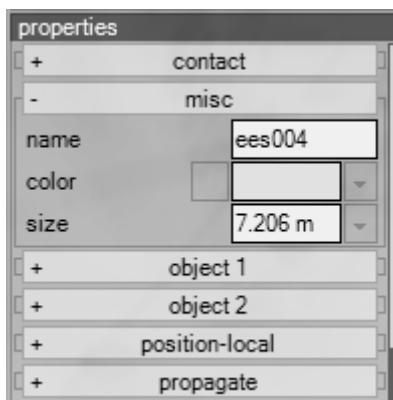
E_D = Изгубљена енергија оба возила због деформације

У случају када је EES једног возила познат могуће га је унети, као што је претходно наведено (**Слика 36.**), EES другог возила ће се рачунати према следећој једначини [3]:

$$EES_2 = \sqrt{\frac{E_D - m_1 \cdot EES_1^2}{m_2}} \quad (33.)$$

5.4. Остало – *Misc*

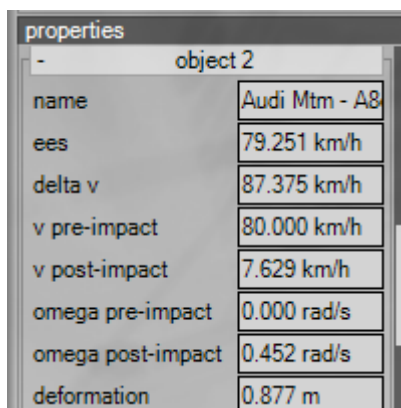
У подменију *Misc* налазе се опције за подешавање имена, боје и величине ударног правца и контактне тачке приликом судара (*Слика 37.*).



Слика 37. Графички приказ подменија Misc

5.5. Први и други објекат – *Object 1, Object 2*

У подменијима *Object 1* и *Object 2* (*Слика 38.*) налазе се имена објеката, ако је у питању аутомобил онда је то марка и тип аутомобила као у менију **Vehicles**, EES аутомобила, Delta V, брзина пре удара, брзина после удара, омега пре и после удара, величина деформације.



Слика 38. Графички приказ подменија Object 2

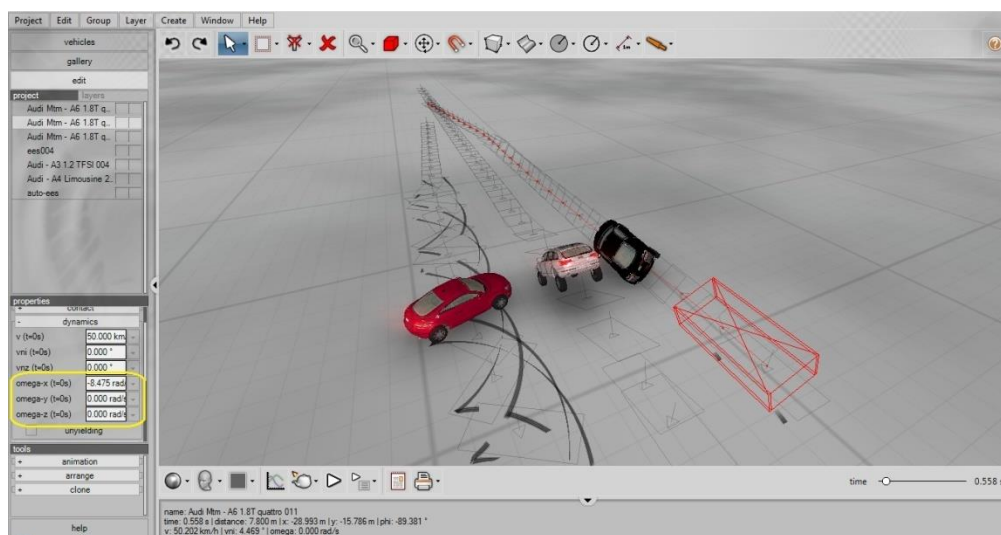
Садржај у подменијима *Object 1* и *2* је исти али су величине различите изузев карактеристичног случаја код чеоног судара где би морало да дође до потпуног поклапања површина без проклизавања површина на којима се оствари контакт, брзине би морале да буду једнаке у току удара као и масе возила.

V pre-impact је брзина којом се возило кретало пре контакта са другим возилом.

V post-impact представља брзину после судара. Брзина након судара зависи, наравно, од брзине којом се возило кретало пре судара, од начина контакта са другим, да ли је 100% поклапање површина или је делимично остварило контакт са другим возилом, окрзнуло га и наставило даље да се креће. Може да зависи од

еластичности судара. Када се ради о судару са пластичном препреком губитци на брзини су већи, по некад потпуни, у том случају EES и ΔV се повећавају.

Omega pre-impact заносења возила пре судара. Када се ради о заношеном возилу пре удара, то се може довести у везу са вожњом по подлози са ниским коефицијентом пријањања као на пример снег, лед, влажан асфалт или може да се јави као последица центрифугалне силе. Возило се може заносити око попречне, уздужне или вертикалне осе или комбинације те три. (Слика 39.)



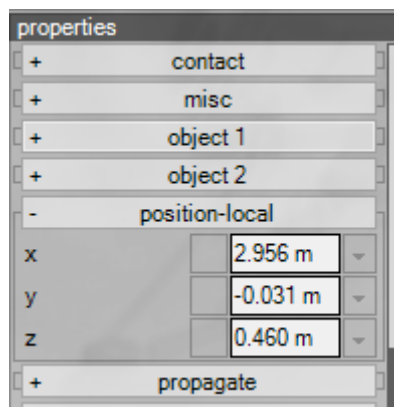
Слика 39. Графички приказ заносења возила

Omega post-impact заносење возила након судара. Заносење возила које се јавља након судара зависи од места контакта два возила, од брзина кретања, као и од подлоге којом се возила крећу. Такође је могуће да дође до превртања возила по уздужној или попречној оси.

Deformation величина деформације у метрима. Деформације возила зависе пре свега од брзина којима су се возила кретала. Такође утицај на деформацију има и еластичност материјала.

5.6. Локално позиционирање – *position-local*

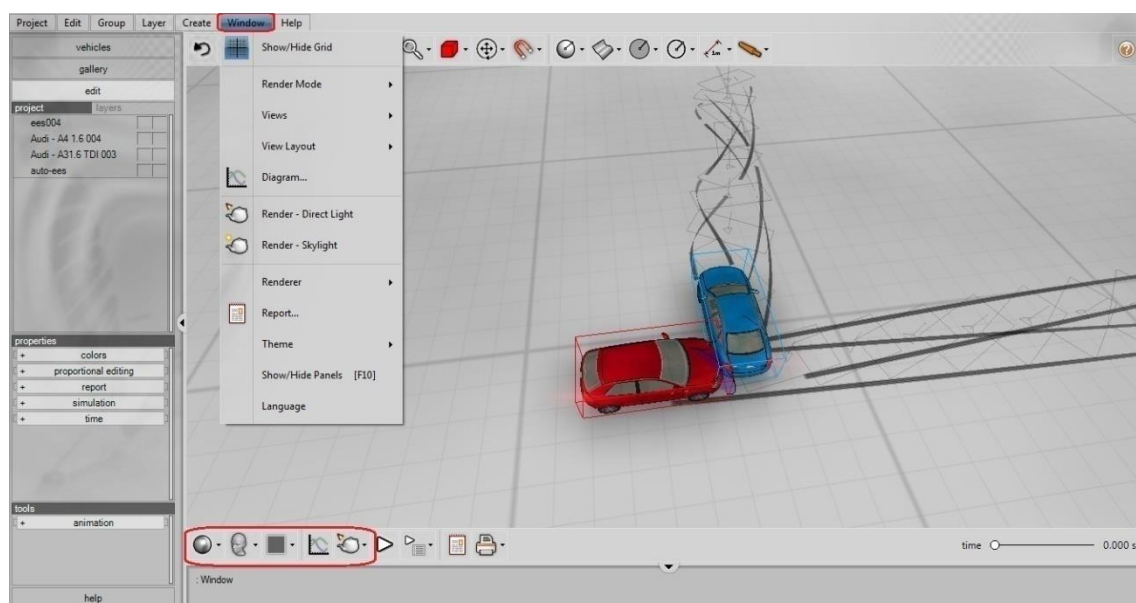
Локално позиционирање није могуће мењати ако је укључено ауто позиционирање (Слика 32.) међитим у случају да искључимо ауто позиционирање тачку судара можемо померати по x, y и z осе (Слика 40.). Померање сударне тачке ефектује величину деформације на возилима као и сударне позиције.



Слика 40. Графички приказ менија *position-local*

5.7. Падајући мени-Window

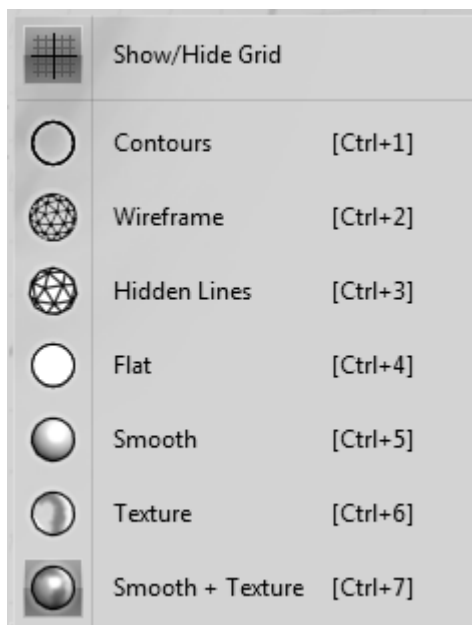
У **window** менију се налазе разни начини погледа на радну површину који ће бити приказани у даљем тексту. До **window** менија се може доћи кроз падајући мени у горњем делу прозора Virtual CRASH програма, или алатке истог менија се могу наћи у доњем делу прозора програма (Слика 41.).



Слика 41. Графички приказ Window менија

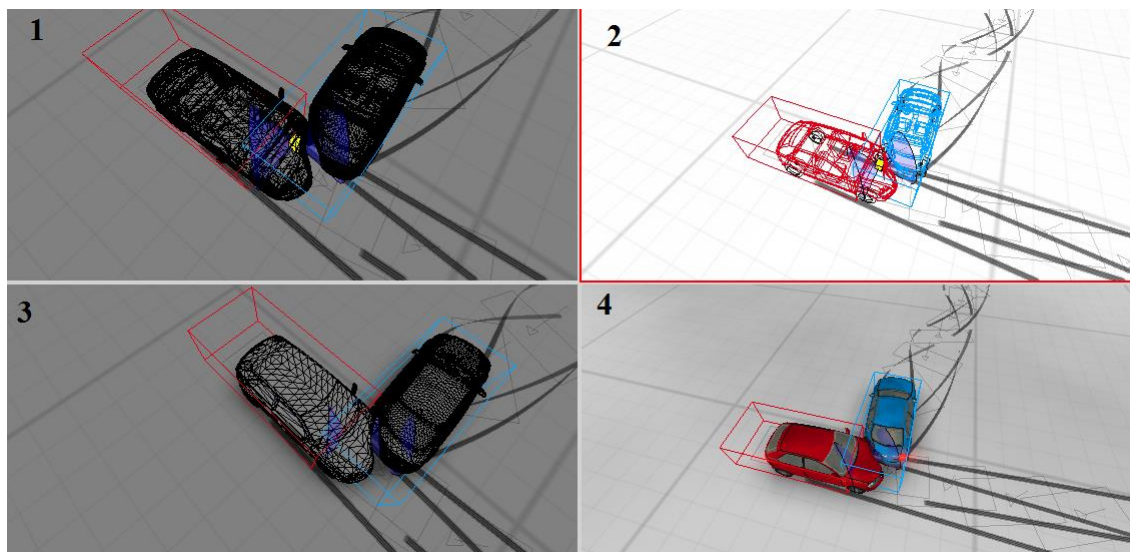
5.7.1. Начин приказивања - *Render mode*

Када се отвори **Virtual CRASH** програм начин приказивања је подешен као **Flat**. Измене се врше према потребама корисника. Може изабрати разне начине приказивања, од контура па до глатких детаља са текстурама (Слика 42).



Слика 42. Графички приказ подменија *Render Mode*

Кроз рад су приказане слике на којима је коришћен **Smooth+Texture** начин приказивања како би естетски боље изгледало. Међутим када се изабере неки од приказивања као што су контуре, скривене линије или чворови то изгледа као на слици 43.

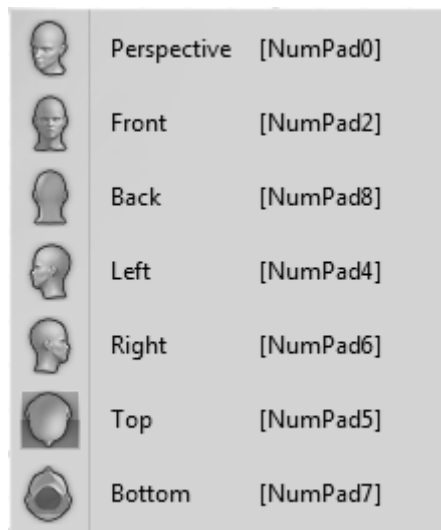


Слика 43. Графички приказ начина приказивања

На сликама је приказано оштећење на возилима настало прилико судара са различитим начинима приказивања. На слици обележеном бројем 1 дат је начин приказивања чворовима - **Wireframe**. На слици са бројем 2 приказане су контуре возила - **Contours**. Слика са бројем 3 показује аутомобиле са скривеним линијама – **Hidden Lines**. И последња слика са бројем 4 приказана је **Smooth+Texture** начину приказивања како би се могла упоредити приказ оштећења на возилима.

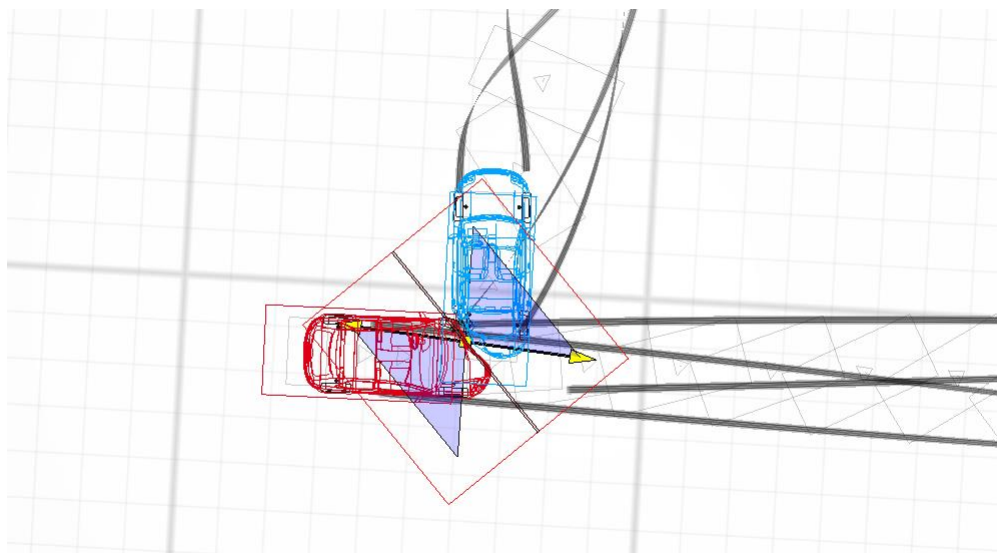
5.7.2. Подопција менија *Window – Views*

У подопцији менија **Window/Views** налазе се различите перспективе погледа на радну површину. У зависности од потребе, корисник може да изабере поглед из следећих перспектива (*Слика 44.*)



Слика 44. Могуће перспективе на радну површину

У ситуацијама када су возила постављена у сударне позиције, како би имали бољи поглед на сударну тачку, погодно је поставити поглед одозгоре – **Top** и начин приказивања преко контура (*Слика 45.*).

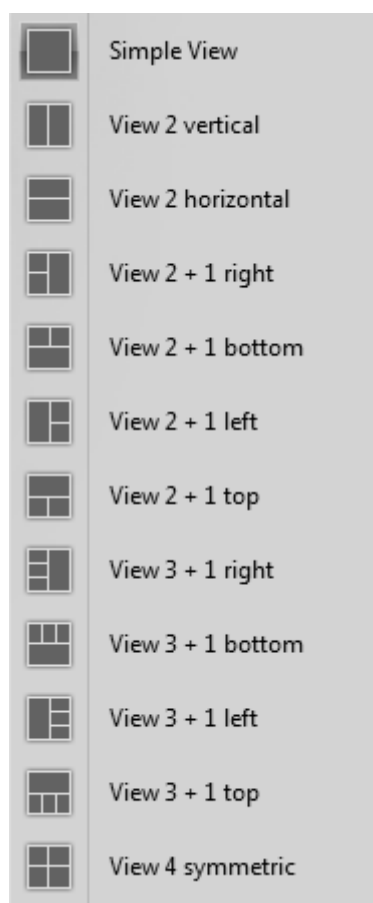


Слика 45. Приказ контура возила са погледом одозгоре

Овим погледом имамо бољи поглед возила у сударним позицијама и њихове површине које су у контакту. Контуре омогућавају поглед на сударну тачку кроз возила, тако да можемо лакше селектовати жељени контакт у случају да их има више од једног. Такође на слици 45. може се уочити да сударна раван пролази дуж оштећења возила.

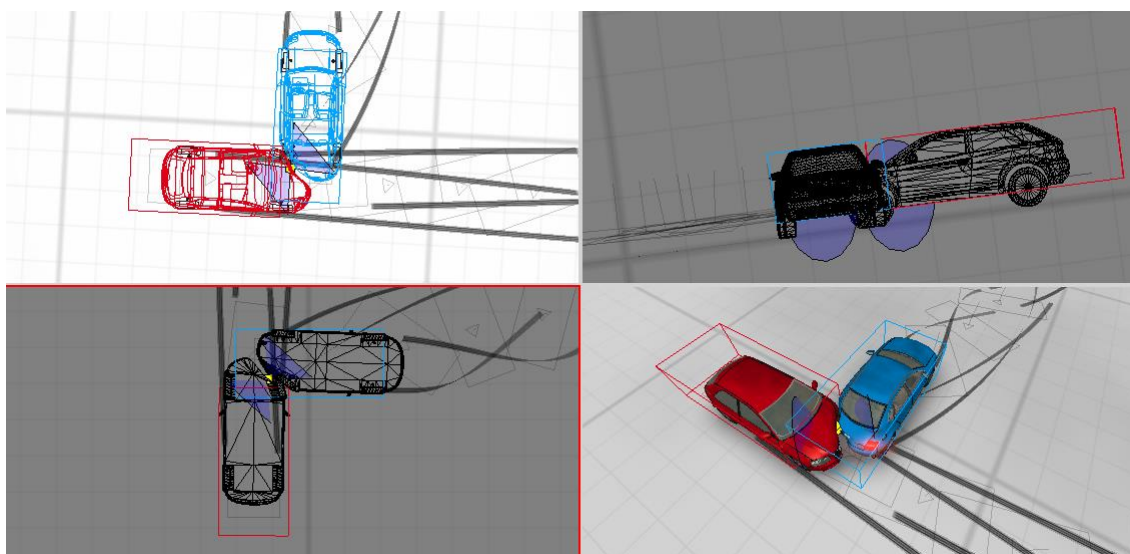
5.7.3. Подопција менија *Window – View Layout*

View Layout (Слика 46.) нам омогућава поглед на радну површину из више перспектива и начина приказивања од једном.



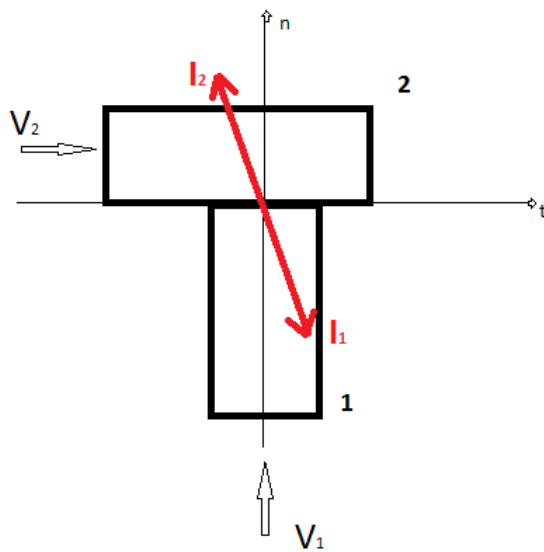
Слика 46. *View Layout* подопција са шаблонима

Један од шаблона који омогућава поглед из више углова, перспектива и начина приказивања дат је на слици 47.



Слика 47. Графички приказ шаблона погледа из више перспектива

5.8 Бочни судар возила са нумеричким примером



$$\kappa = 0,2$$

$$m_1 = 1000 \text{ кг}$$

$$m_2 = 1500 \text{ кг}$$

$$V_1 = 15 \text{ м/с}$$

$$V_2 = 5 \text{ м/с}$$

$$\kappa = -\frac{V_1 n' - V_2 n'}{V_1 n - V_2 n}$$

$$0,2 = -\frac{V_1 n' - V_2 n'}{15}$$

$$V_1 n' = V_2 n' - 3$$

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2'$$

$$n: m_1 V_{1n} + m_2 V_{2n} = m_1 V_{1n}' + m_2 V_{2n}'$$

$$1000 \cdot 15 = 1000 (V_{2n}' - 3) + 1500 \cdot V_{2n}' / 5$$

$$30 = 2 V_{2n}' - 6 + 3 V_{2n}' \quad V_{2n}' = 7,2$$

$$V_{1n}' = 4,2$$

$$t: m_1 V_{1t} + m_2 V_{2t} = m_1 V_{1t}' + m_2 V_{2t}'$$

$$1500 \cdot 5 = 1000 \cdot V_{1t}' + 1500 \cdot V_{2t}' / 5$$

$$15 = 2 V_{1t}' + 3 V_{2t}'$$

Треба знати v ; ако је $V'_{rel} = 0$, онда је $V'_{1t} = V'_{2t}$ па је:

$$15 = 5 V'_t$$

$$V'_t = 3$$

Ударни импулс:

$$I_n = m_1 (V'_{1n} - V_{1n}) = 1000 \cdot (4,2 - 15) = -10\,800$$

$$I_t = m_1 (V'_{1t} - V_{1t}) = 1000 \cdot (3 - 0) = 3000$$

Провера:

$$I_n = m_2 (V'_{2n} - V_{2n}) = 1500 \cdot 7,2 = 10\,800$$

$$I_t = m_2 (V'_{2t} - V_{2t}) = 1500 \cdot (3 - 5) = -3000$$

Изгубљене брзине:

$$\Delta \vec{v}_1 = \vec{v}_1' - \vec{v}_1$$

$$V'^2_1 = 4,2^2 + 3^2 = 26,64$$

$$V'^2_2 = 7,2^2 + 3^2 = 60,84$$

5.9 Студија случаја једног чеоног судара

Нека се два возила масе m_1 и m_2 крећу по правом хоризонталном путу брзинама V_1 и V_2 . Даље предпоставимо да су ове брзине уједни и брзине на почетку судара, а да су на крају судара непознате брзине V'_1 и V'_2 . Да би смо извели колике су брзине кретања на крају судара користићемо се законом о одржању количине кретања и релацијом за коефицијент реституције. Ове релације у векторском облику гласе [6] :

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2',$$

$$K (\vec{v}_1 - \vec{v}_2) = \vec{v}_1' - \vec{v}_2',$$

$$\vec{\Delta I}_1 = - \vec{\Delta I}_2 = m_1 (\vec{v}_1' - \vec{v}_1)$$

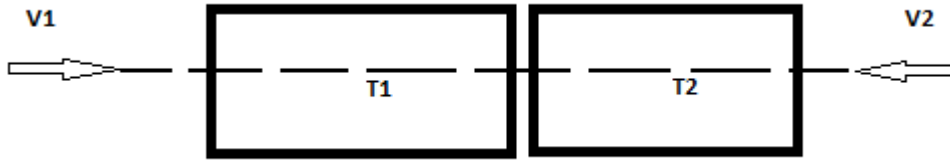
Пројектујући предходне једначине на правац кретања добићемо следеће изразе:

$$m_1 V_1 + m_2 V_2 = m_1 V'_1 + m_2 V'_2$$

$$K (V_1 + V_2) = V'_1 - V'_2$$

Из ових једначина једноставно се налази брзина првог возила пре судара:

$$V'_1 = V_1 - (1 + \kappa) \frac{m_2}{m_1 + m_2} \cdot (V_1 + V_2)$$



$$V'_2 = -V_2 + (1 + \kappa) \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot (V_1 + V_2)$$

$$\rightarrow_{\Delta I} = \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} \cdot (1 + \kappa) \cdot (V_1 + V_2)$$

За случај потпуно пластичног судара ове величине износе:

$$\kappa=0 \quad V'_1 = V'_2 = \frac{m_1 V_1 - m_2 V_2}{m_1 + m_2}$$

$$\rightarrow_{\Delta I} = \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} \cdot (V_1 + V_2)$$

$$\kappa=1 \quad V'_1 = V_1 - 2 \cdot \frac{m_2}{m_1 + m_2} \cdot (V_1 + V_2)$$

$$V'_2 = -V_2 + 2 \cdot \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot (V_1 + V_2)$$

$$\rightarrow_{\Delta I} = 2 \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} \cdot (V_1 + V_2)$$

6. ЗАКЉУЧАК

У раду је извршен приказ могућности, неких нових решења и начини коришћења алатки везаних за динамику и сударе возила у току израде симулација саобраћајних незгода преко најновијег програмског пакета *Virtual CRASH 3*.

Поред алатки и њихове примене током симулација саобраћајних незгода, у раду су приказани принципи анализе саобраћајних незгоде и израчунавања после сударних параметара. Сливовито је приказано понашање возила у сударним и после сударним фазама.

Кроз рад је приказан утицај промене положаја сударне тачке, равни и конуса трења на сударе возила. Приказана су оштећења на возилима и принцип укључивања тих опција.

Рад са софтерима, ако се израђује целокупна сударна ситуација је неупоредиво спорији и детаљнији од традиционалног рада. Он знатно више обавезује ако се показује транспарентно уз понуђене параметре како би се и класичним путем могао проверити бар један број резултата. Заједнички именитељ за оба начина рада је и даље у пуној мери човек.

Стални развој метода за анализу саобраћајних незгода прате и унапређења софтверских алата који се користе у овој области. Тако се веома често основне верзије ових софтвера надограђују. Ове надоградње су различите природе и крећу се од једноставних до готово револуционарних. Све оне имају за циљ да омогуће корисницима једноставну употребу и да омогуће квалитетнију анализу саобраћајних незгода. Тај квалитет се односи на поузданост и прецизност добијених резултата спроведене анализе саобраћајне незгоде.

Неоспорно је да симулација саобраћајних незгода у многome помаже у сагледавању пропуста учесника у саобраћајну. Такође, симулациони програми постају све заступљенији не само у овој области баш из разлога што у многome олакшавају. Кроз будуће надоградње и нове верзије симулационих програма, добиће се на квалитету симулација и још прецизнијим анализама. Оправданост коришћења програма овог типа је неоспорна, јер су они израђени сходно законима физике, тако да нам приближавају ситуацију која се догодила у природи.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Јоксимовић М., *Употреба рачунарских метода у реконструкцији саобраћајних незгода, симулација кретања*, Крагујевац, 2013.
- [2] www.vcrash3.com [посећено: 11. 07. 2015.]
- [3] Steffan Datentechnik, PC Crash, *Operation and Technical manual*, Version 10.0, 2013.
- [4] Милутиновић Н., *Разлика између EES и ΔV* , Нови Сад, 2008.
- [5] Костић С., *Експертизе саобраћајних незгода*, Факултет Техничких наука Нови Сад, 2009.
- [6] Јанковић А., Симић Д., *Безбедност аутомобила*, Крагујевац, 1996.