

**Doc Dr Ištvan Bodolo, dipl inž**

## **Uporedna analiza oštećenja na vozilima 3D modelovanjem**

**Rezime:** Prema proceni osiguravača, prevare u osiguranju su najzastupljenije u oblasti autoodgovornosti u delu materijalnih i nematerijalnih šteta i u stalnom su porastu. Preovlađujući su slučajevi "dobra prilika da se nešto više naplati". U dosadašnjoj praksi metode rada su trivijalne i po načinu rada veštaka, veoma veoma heterogene. Nije mali broj slučajeva da se nalazi izrađuju bez dokaza i obrazlaganja na osnovu čega se donose presude. Takvi nalazi su nepouzdati i ne omogućavaju osnove za usaglašavanje. U radu je prikazan novi pristup uporednim analizama kao novi sistem zasnovan na mogućnostima digitalnih tehnika.

**Ključne reči:** fingirani sudari, 3D modelovanje, uporedna analiza oštećenja, drumska motorna vozila

## **UVOD**

### **Uočavanje postojanja problema**

U praksi, uporedne analize se izrađuju na temelju dostupnih tragova obezbeđenih od policije u toku obavljanja uviđaja saobraćajne nezgode, osiguravača u cilju uporedne analize a ređe i stranaka u postupku.

Izuzev delom osiguravača, dokazi se često obezbeđuju na nedovoljno profesionalan način, fotoaparatom koje se sačinjavaju na nestručan način iz položaja koji ne omogućavaju pouzdanu uporednu analizu tragova na vozilima.

Načini obezbeđenja tragova često ne omogućavaju izradu pouzdane uporedne analize za čiju izradu je neophodan i dobar Zapisnik o uviđaju radi utvrđivanja mehanizma nastanka oštećenja poznavanjem kretanja vozila pre, tokom sudara i nakon sudara. Nestandardizovan pristup izradi uporedne analize sa heterogenim znanjem veštaka ishoduje veoma različite zaključke koji se u praksi retko usaglašavaju.

Bez obzira koliko je nekada sporna stvar očigledna, neslaganjem veštaka u pogledu mišljenja sud produžava postupak trećim veštačenjem što spornu stvar sa često malom materijalnom štetom čini skupom, dugom u vremenu i sa izazivanjem proceduralnih problema tokom procesnih radnji sudova.

### **Problem**

Sa filozofske tačke gledišta, ljudi komuniciraju simbolima. Da bi saopštili apstraktnu informaciju, prilikom raspravljanja, koriste se pismene i usmene reči. Reči čine pojmove a **pojmovi o apstraktnom** se mogu tumačiti, shvatati i obrazlagati na mnogo načina, posebno ako se u predmetu spora nalazi i nečiji interes. Navedena činjenica uz sadejstvo nekih drugih faktora može dovesti do značajnih neslaganja po istom pitanju.

Sa stručne i metodološke tačke gledišta metode za izradu uporednih analiza su nestandardizovane, heterogene po predmetima analize, samim tim međusobno neuporedive i neusaglasive. Veoma često, uporedna analiza se i ne radi, nego se samo iznose mišljenja, te se veštak koji je izradio takav "nalaz" ne usaglašava sa

detaljsanim i obrazloživim nalazima. Bez obzira, koliko stvari bile očigledne, uz nedovoljno aktivno učestvovanje suda u postupku, predmet spora postaje pravno komplikovan, možda nepotpuno istinit ali zasnovan na pravu.

Autor problem oblasti uporednih analiza vidi u nedovoljno ubedljivim metodama koje su zbog svoje prirode podložne nerazumevanju (u vidu previše opterećenog teksta u kombinaciji sa fotografijama) i u konačnom, po mišljenju autora, zloupotrebama uz dezavuisanje strana u postupku.

Temeljni problem se pre svega nalazi u i pred pravosuđem, nikakvoj odgovornosti veštaka za netačan i-ili lažni nalaz.

## **CILJ**

Cilj rada je pronalaženje i prikaz nove metode koja će na račun vizuelne očiglednosti zameniti komplikovane deskriptivne opise koji traže duboku koncentraciju i dobar su osnov za namerna ili slučajna (iz neznanja) zbunjivanja organa postupka.

Drugi cilj je prikaz mogućnosti vizuelnog poređenja delova i-ili oštećenja vozila (po formi, po vrsti oštećenja i po načinu nastanka).

Treći cilj je izrada 3D modela oštećenih vozila radi poređenja.

## **HIPOTEZA**

**Prva hipoteza** je da je vizuelan dokaz ("**vidim jer mi je predočeno i to isto sada vide i drugi**") jači dokaz od reči i simbola pismeno i usmeno iznetih o apstraktnim pojmovima koje su podložne tumačenjima i nerazumu.

**Druga hipoteza** je da je materijalizacija dokaza u 3D odštampanom formatu ("**daj mi to da vidim**" tj "**vidim ali mogu i da dodirnem i proverim**") još jače dokazno sredstvo od prethodna dva.

Prostije, pogled i dodir onoga što se videlo je jače i konačno dokazno sredstvo u odnosu na pisanu i izgovorenu reč, jer reč se tumači ali pogled i dodir tumačenju podložni nisu.

**Treća hipoteza** je da **postojeći hardveri i softveri omogućavaju iznalaženje metode** koja će omogućiti kreiranje 3 D modela objekata kvalifikovanih za uporednu analizu u oblasti fingiranih sudara.

Ne samo u cilju pripreme za 3D štampu nego i u brojnim oblastima, od arhitekture, arheologije, medicine, inženjerstva,... veoma je intenzivan razvoj trodimenzionalne virtuelne digitalizacije.

Jedan od pravaca razvoja metoda uporednih analiza oštećenja na vozilima je 3D digitalizacija objekata.

Ukoliko bi se vozila oštećena u sudaru:

- Snimila odgovarajućom tehnikom

- Modelovala u odgovarajućem programskom paketu u 3D format odgovarajuće ekstenzije
- Međusobno bila uporediva u odgovarajućem programskom paketu

U tom slučaju uporedna analiza oštećenja bi bila moguća, i vizuelno očigledna i bez ikakvih dilema dokaziva.

Tada bi mogućnost difuzije neznanja i zbunjivanja organa postupka i svih strana u postupku bila znatno smanjena, jer bi se oštećenja očigledno mogla vizuelno porediti u pojedinostima i u njihovoj celini. Takav metod bi bio upotrebljiv za izradu nalaza na papirnom mediju, i bio lako i trenutno vizuelno prikaziv svim stranama u postupku sa trenutnom mogućnošću dokazivanja i vizuelnog predstavljanja odgovora na postavljena pitanja.

Na tržištu već postoje aplikacije koje međusobno nisu usaglašene i ne postoji namenski programski paket, te je predmet dokazivanja hipoteze:

- Izbor odgovarajućih softvera i hardvera pogodnih za obradu 3D objekta
- Međusobno usaglašavanje formata
- Izbor programskog paketa koji omogućava pomeranje i poređenje objekata realnih dimenzija

## **PRIPREMA ZA IZRADU 3D VIRTUALNOG MODELA**

Pre svega tehnologija prikupljanja podataka pogodnih za izradu 3D modela oštećenih vozila mora biti jednostavna, pouzdana i izvodljiva opšte dostupnom tehnikom koja će omogućiti dobro vidljive detalje oštećenja. Podlogu za 3D modelovanje moraju raditi zainteresovane strane (najčešće osiguravači).

Proceduralni problem koji je nastao i koji se rešavao tokom eksperimentisanja je refleksija koja je značajno ograničenje u virtuelnom modelovanju. Eliminacija refleksije mora biti jednostavna, jeftina, pouzdana, lako izvodljiva na terenu, ne sme prekriti ili promeniti tragove i ne sme dodatno oštetiti vozila. Autor je izveo niz eksperimenata dok problem refleksije nije rešen na zadovoljavajući način.

## **PREDMET UPOREDNE ANALIZE**

Predmeti uporedne analize su:

- Forma oštećenja, sa posebnim osvrtom na mehanizam nastanka sudara (kretanje vozila neposredno pre sudara i tokom sudara)
- Pojedinačna oštećenja po vrstama (struganja, brisotine, udubljenja, gužvanja...)
- Pojedinačna oštećenja po prirodi nastanka

Pojedinačna oštećenja po formi, vrstama i prirodi nastanka moraju imati svoj ekvivalent na drugom vozilu i obratno.

Međusobnim pojedinačnim i celokupnim upoređivanjem oštećenja moguće je potvrditi ili osporiti oštećenja u celini ili u grupama. To znači, izdvojiti oštećenja koja su eventualno postojala i pre sudara koji se analizira.

## DOKAZIVANJE ODRŽIVOSTI HIPOTEZE

### Kreiranje objekta:

Na tržištu postoje programski paketi za kreiranje 3D objekata, najčešće u funkciji pripreme za 3D štampanje objekata.

Jedan od programa je Agisoft PhotoScan tj program za fotogrametriju i vizuelizaciju objekata iz fotografija. Priprema za rad programa je odgovarajući način fotografisanja ili video snimanja objekta.

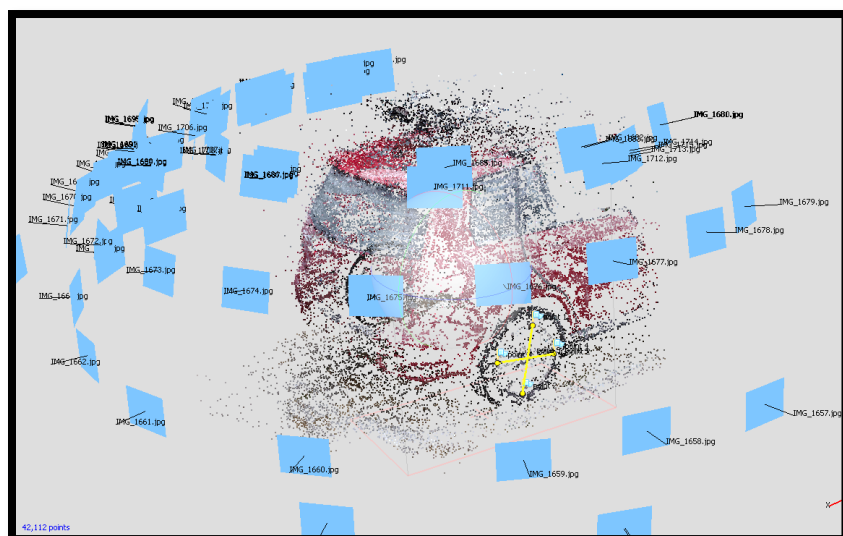
Na osnovu odgovarajućih fotografija program pronalazi zajedničke tačke, koje spaja u jedinstvenu 3D sliku u vidu ključnih tačaka koje potom popunjava ostalim elementima sa fotografija čineći objekat u virtuelnom prostoru (kao da je od plastelina) nakon čega takav objekat "prevlači" teksturom tj dodaje mu farbu i ostale vidljive elemente.

Proces izrade objekta, pod uslovom da se kreira samo deo vozila koji je oštećen, zavisi od pripreme, vrste fotoaparata, broja piksela, konfiguracije računara i dr.

Prilikom snimanja objekata potrebno je izvršiti maksimalno uklanjanje refleksije u cilju postizanja fotografije visokog kvaliteta kao polazišta za izradu 3D modela.

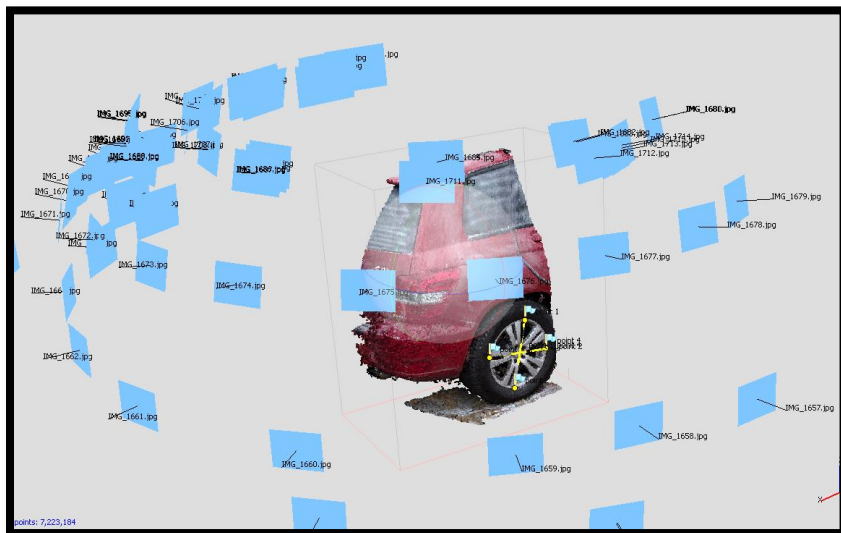
Primeri koje slede u ovom radu su zahtevali rad računara između 10 i 48 sati. Prema preporuci proizvođača predmetnog softvera, cena namenskog računara koji bi kreiranje završio u prihvatljivom vremenu iznosi nešto manje od 10000 eura. Cena samog softvera je do 5000 eura.

**Prvi korak:** Align photos: slaganje fotografija radi proračuna ključnih tačaka objekta



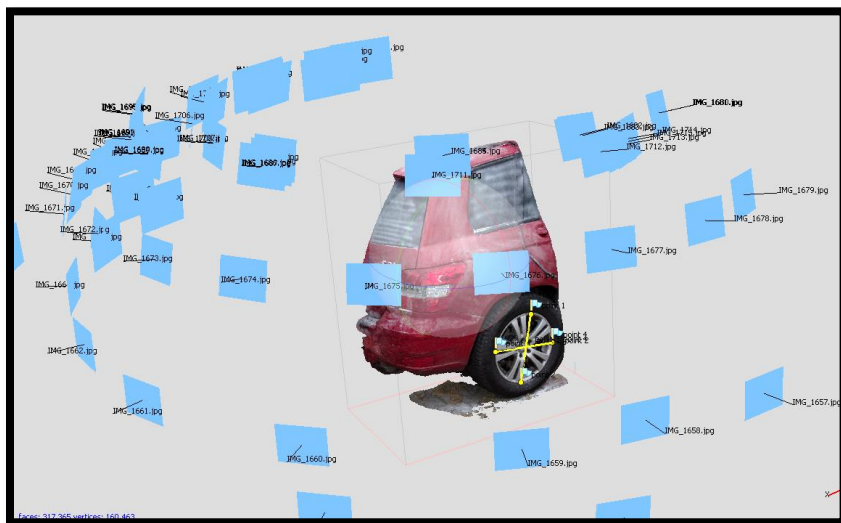
Sl. 1 – Kreiranje objekta

**Drugi korak:** Align 2.build dense cloud: računanje tačaka objekta u datom prostoru.



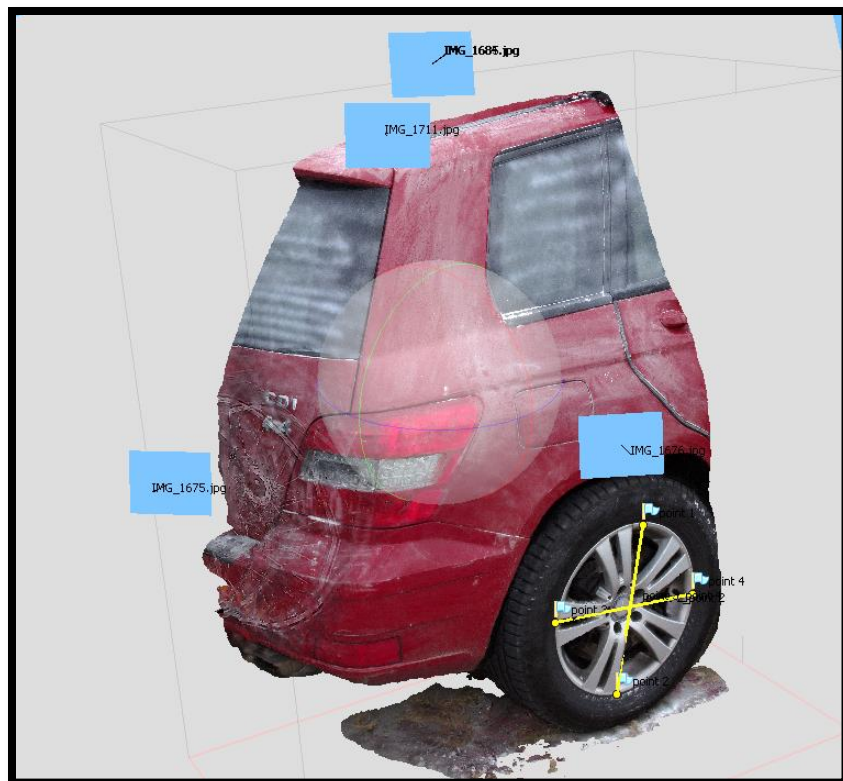
**Sl. 2 – Kreiranje objekta**

**Treći korak:** Building mesh: kreiranje 3d objekta iz point cloud podataka (dense clouda):



**Sl. 3 – Kreiranje objekta**

**Četvrti korak:** Building texture: kreiranje teksture objekta:



**Sl. 4 – Kreiranje objekta**

### **Eksportovanje objekta:**

Nakon kreiranja objekta promenom odgovarajuće ekstenzije fajla objekat se eksportuje u program koji može prihvatiti više objekata sa kojima može da se manipuliše radi uporedne analize, kao npr. (Virtual Crash (Point Cloud), AutoCad (Mash), 3Dmax (Mash)....).



**Sl. 5 – Nivo detalja mash formata u 3DMax-u**



**Sl. 6 – Nivo detalja Point Cloud formata u Virtual Crash 4**

Treba naglasiti da konačni kvalitet površina objekata zavisi od fotoaparata, kvaliteta snimanja (refleksija...), ekstenzije fajla, formata objekta (Mash ili Point Cloud) i programa u koji se objekat eksportuje.

Autor poseduje licencu za Virtual Crash pa je u kontekstu legaliteta koristio program sa manjom "rezolucijom".

Refleksija je značajno ograničenje koje je eliminaciono, i bez jednostavnog i efikasnog rešenja tog problema nije moguće kreiranje objekata vozila. Rešenje mora omogućiti kvalitetno snimanje u svim vremenskim uslovima široko rasprostranjenim fotoaparatima uz upotrebu sredstava za smanjenje refleksije. Za rešenje realnog problema refleksije utrošeno je oko 2 meseca eksperimenata. Na Mercedesu je rešena jednim a na Citroenu drugim sredstvom.

### **PRIMER UPOREDNE ANALIZE**

Kada nastane potreba za uporednom analizom uviđaj je već završen i vozila se ne nalaze na licu mesta navodnog nastanka sudara.

U praksi, osiguranje, na osnovu sumnje, na različitim lokacijama pronalazi i ponovo snima vozila i fiksira nove tragove koji su detaljniji i pogodniji za izvođenje uporedne analize.

Ukoliko se tom prilikom tragovi obezbede na način pogodan za 3D kreiranje dela vozila koje je oštećeno, tada bi bila moguća vizuelna 3D uporedna analiza oštećenja.

U ovom radu, autor nije imao na raspolaganju oštećen par vozila pa sledi prikaz uporedne analize neoštećenih delova.

To znači da čitalac (na ovom primeru) treba prvenstveno da obrati pažnju na tehničke mogućnosti poređenja a ne na oštećenja (koja ne postoje) na vozilima.

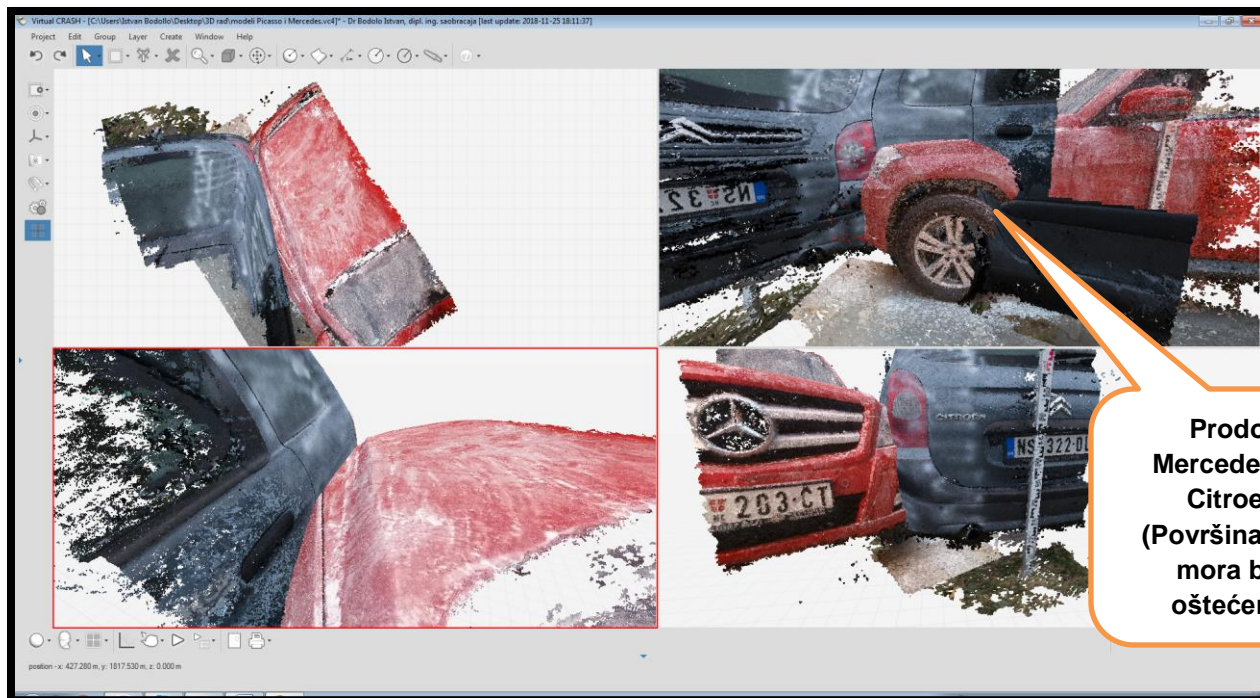
I neoštećena vozila imaju svoju formu te se takve forme mogu vizuelno upoređivati. Sledе primeri eksportovana dva Point Cloud objekta u Virtual Crash 4



**Sl. 7 – Prikaz vizuelne uporedne analize**

Brojni su primeri pitanja koja se u toku postupaka mogu otvarati, i koliko bilo ili koliko se činilo da su trivijalna, suprotna logici, očigledno suprotna postavljenim pitanjima, svakom se pitanju sa jednakom ozbiljnošću mora pristupiti u smislu obrazlaganja.

Prikazani vizuelni pristup omogućuje da se na licu mesta ili u papirnoj formi na svako pitanje može dati najpre vizuelni odgovor kojim se efikasno dokazuju činjenice (istina).

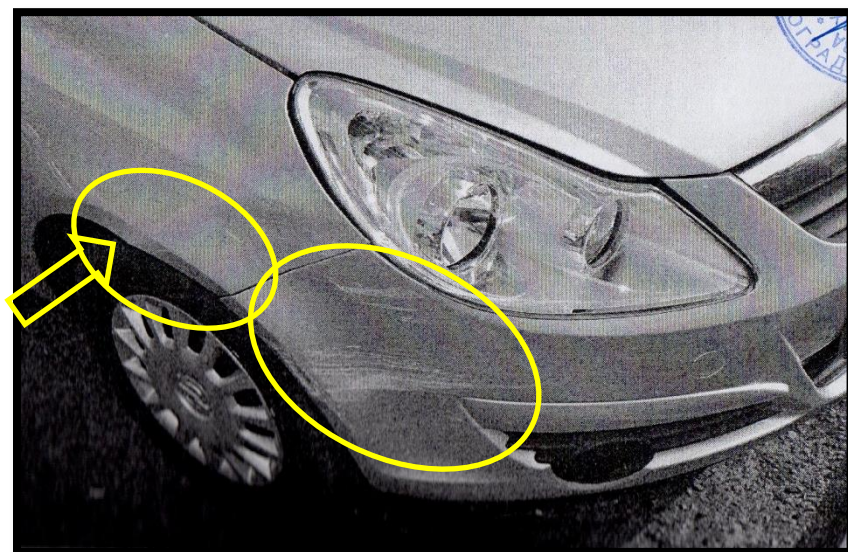


**Sl. 8 – Prikaz vizuelne uporedne analize**

Lako je čitaocu da zamisli bilo kakvo oštećenje na jednom i na drugom vozilu i da sebi dočara mogućnost upoređivanja, koje biva kompletno kada se porede modeli neoštećenih (poput prikazanih) i oštećenih vozila.

Da bi se neoštećena vozila mogla porediti, nije uvek potrebno modeliranje, poput prikazanih na sl. 7 i 8, nego postoji jedan broj 3D modela u programu Virtual Crash 4, ali postoje sajtovi sa besplatnim ili plativim modelima.

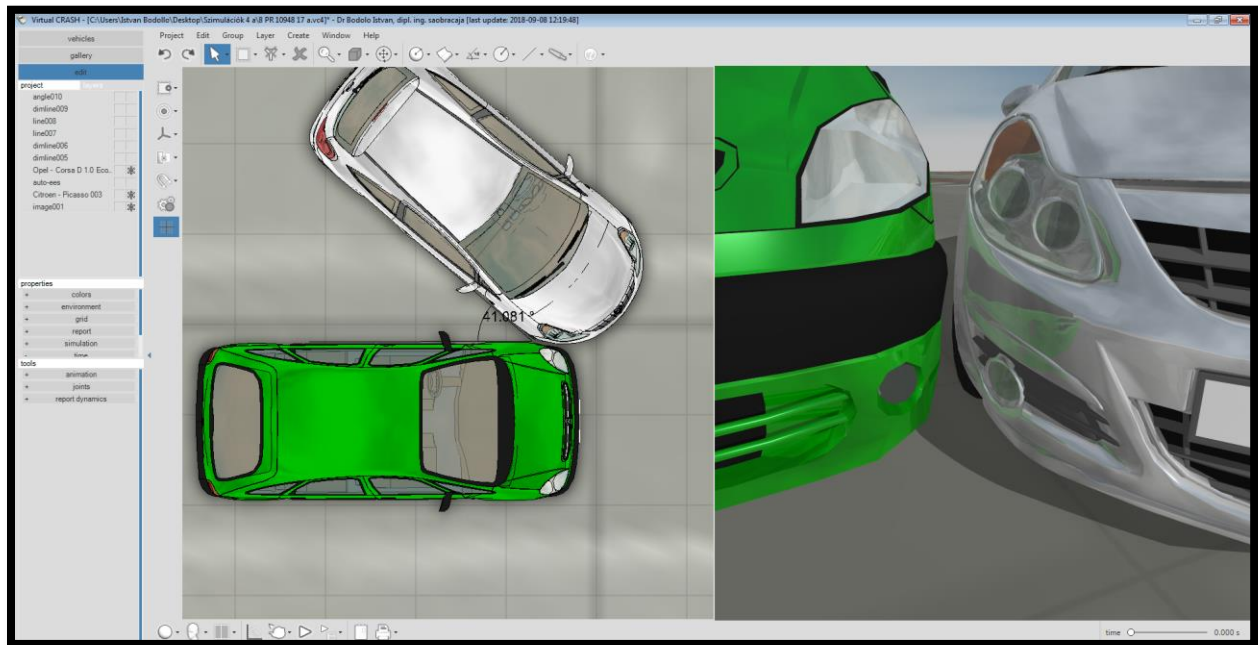
Sledi primer realnog sudara sa vozilima koja su oštećena i realnih modela iz Virtual Crash 4. Primer nije bio predmet uporedne analize (fingirani sudar), nego je ilustrativan primer dobar za predmet ovog rada.



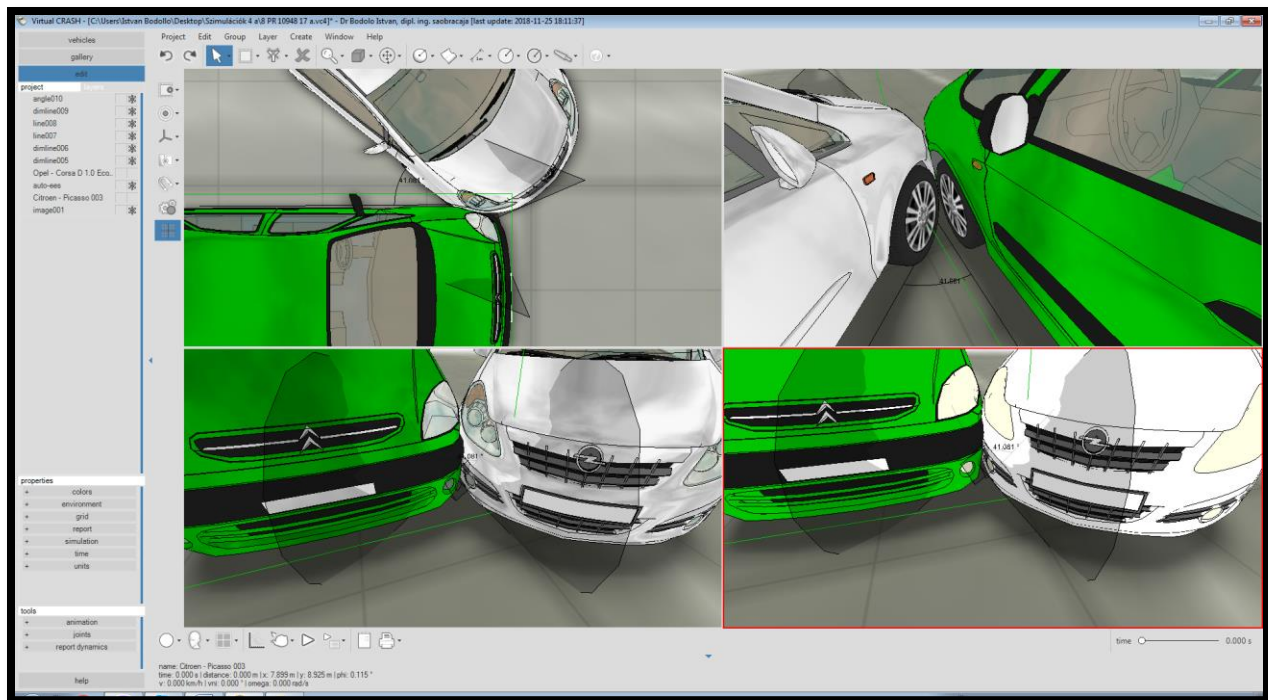
**Sl. 9 – Oštećenja na Opelu**



Sl. 10 – Oštećenja na Citroenu



Sl. 11 – Prikaz vizuelne uporedne analize



**SI. 12 – Prikaz vizuelne uporedne analize**

Primer Opela i Citroena potvrđuje mogućnost vizuelnog dokazivanja ne-verodostojnosti oštećenja.

### **PRIMER UPOREDNE ANALIZE REALNOG SUDARA – NALET NA STABLO DRVETA**

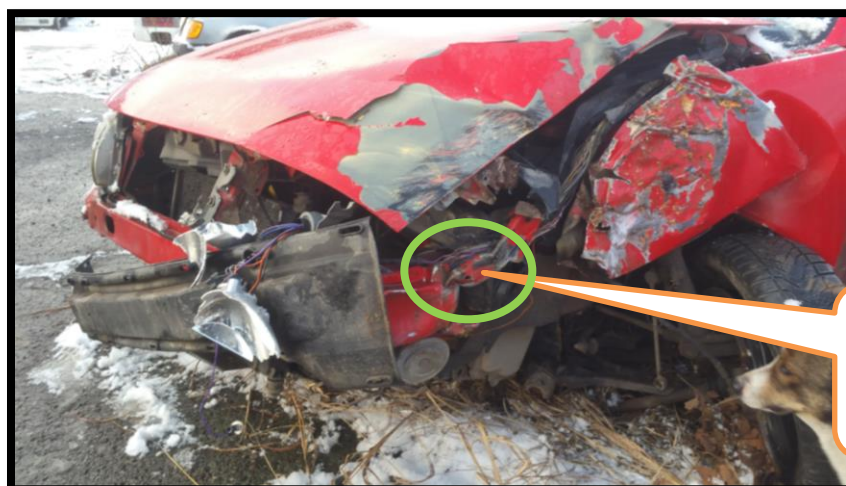


**Preneta  
kora  
drveta**

**SI. 1 – Oštećenja na Fordu**



**Sl. 2 – Oštećenja na Fordu**



**Sl. 3 – Oštećenja na Fordu**

Vidim sledeće (predmet uporedne analize):

- Ford je udario u stablo prednjim levim ćoškom poklopca motora, malo ga iskrivio, odbacio farbu a na limu se ocrtalo malo farbe, I braon boja stabla drveta
- U vertikali (vidi sl. 1) prednjeg levog ćoška poklopca motora završava šina branika koja nije deformisana I poslužila je kao oštrica za otkidanje plastične oplata branika (vidi sl. 4 I 5)
- Na Sl. 3 sam zelenom elipsom prikazao grupu mehaničkih deformacija sa ostacima drveta
- Na sl. 4 sam prikazao tragove struganja stabla drveta na oplati branika koji su paralelni uzdužnoj osi kolovoza.



**Linije  
struganja  
(paralelne  
uzdužnoj  
osi vozila)**

**Sl. 4 – Oplata branika**



**Linije  
struganja  
(paralelne  
uzdužnoj  
osi vozila)**

**Sl. 5 – Oplata branika**



Oštećeno stablo i njegov položaj

Sl. 6 – Oštećeno stablo



Oštećeno stablo i njegov položaj

Sl. 7– Oštećeno stablo



Cilj ove analize je testiranje performansi ideje da se 3D modelovanjem mogu efikasnije nego današnjim metodama raditi uporedne analize oštećenja na vozilima u cilju utvrđivanja da li je sudar fingiran ili ne. Reč je o mehanoskopskom poređenju tragova.

Predmet analize je upoređivanje oštećenja na Fordu i stablu.

Neposrednim uvidom u stablo, našao sam dva dominantna oštećenja u vidu otkinute kore drveta, vidljivo na sl. 8.

Čelični naplatak prednjeg levog točka Forda je sa unutrašnje i spoljašnje strane simetrično oštećem.

Prilikom pregleda vozila zatekao sam polomljeno vešanje točka koji je, kako se na fotografijama vidi izvijen na stranu. U takvom položaju sam izvršio snimanje vozila i na osnovu toga je sačinjen 3D model vozila i formatu Point Cloud i Mesh.

## Sl. 8 – 3D model stabla

### Mehanizam nastanka sudara:

- Prema nesaglasnim po visini od tla, oštećenjima na Fordu i stablu, Ford je u trenutku udara u stablo leteo kroz vazduh.
- Prvi deo koji je udario u stablo je bio plastični deo branika sa leve strane koji se otkinuo. Pre otkidanja na plastici su ocrtni paralelni tragovi grebanja koji su paralelni i uzdužnoj osi vozila. To znači da je vozilo u tom trenutku bilo paralelno sa podlogom.
- Kada se otkinula plastična oplata branika, Ford je prednjim levim uglom poklopca motora udario u stablo (vidi sl. 2 žuta elipsa), otkinuo prednji levi blatobran na prednjem prepustu i nagužvao ga unazad.
- Daljim kretanjem naleteo deformisali su se delovi koje sam na sl. 3 obeležio zelenom elipsom.
- Onda se na putu kretanja vozila našao prednji levi točak koji je udario u stablo i polomilo vešanje.
- Konačan udar u točak sa prelomom sistema vešanja došlo je do obrtnog momenta ovog ekscentričnog sudara, vozilo se zarotiralo u smeru suprotnom kazaljki na satu, odletelo udesno na kolovoz pri kom padu na tlo se točak konačno izvio od vozila. Naglašavam da tako izvijeni točak na sledećim slikama tako izvijen udara u drvo što nije bio slučaj. To se računa kao zaostalo oštećenje (nastalo nakon sudara koji se analizira).

### Uporedna analiza metodom 3D modelovanja:

Na osnovu neposrednog uvida u oštećenja na Fordu i stablu drveta kreirana su dva 3D modela koja su svedena na realne mere i pripremljena na analizu u Point Cloud formi u softveru za analizu saobraćajnih nezgoda V Crash 4. Posebno naglašavam da je rezolucija bolja u slučaju da upotrebe 3D max u Mesh formatu.

Uvažavajući opisani mehanizam nastanka sudara, verifikaciju nastanka sudara sam **sveo na analizu saglasja oštećenja na stablu sa oštećenjima koje sam na sl. 3 obeležio žutim krugom i onima koje sam na sl. 3 zelenim krugom.**

Slede 3D slike kojima se verifikuju kontakti na opisanim mestima.

Prvo slede prikazi udaljenih pozicija, pa bliže i na kraju u samom kontaktu:

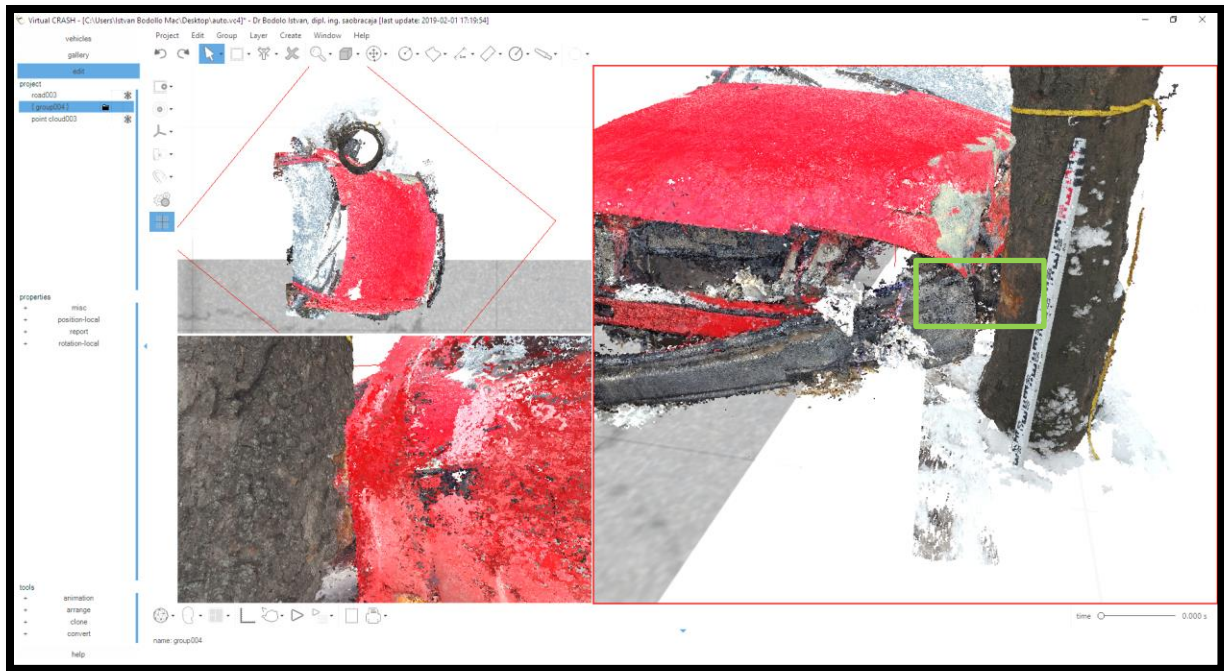
Prvi položaj prikazan pomoću (Sl. 9; 9a; 9b i 9c) verifikuje kontakt stabla drveta i oštećenja na sl. 3 (ponovo vidi sl.3) obeleženo zelenom elipsom.



Sl. 9- Prva pozicija dalje (Ponit Cloud)



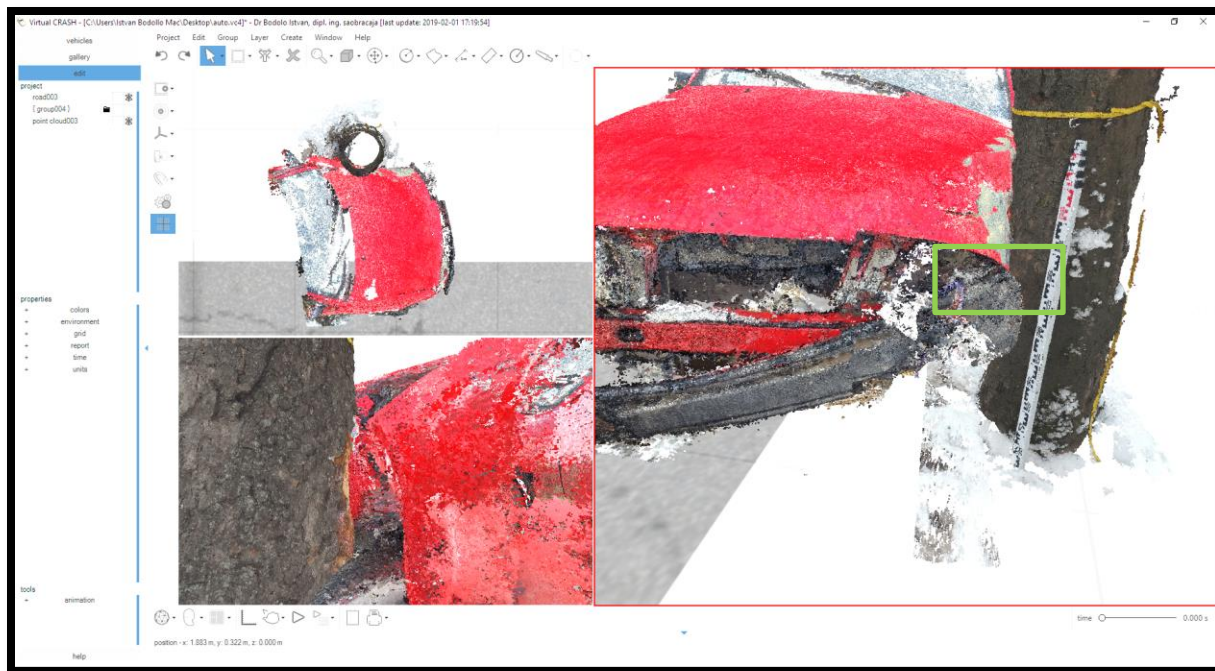
Sl. 9- Prva pozicija dalje (Mesh)



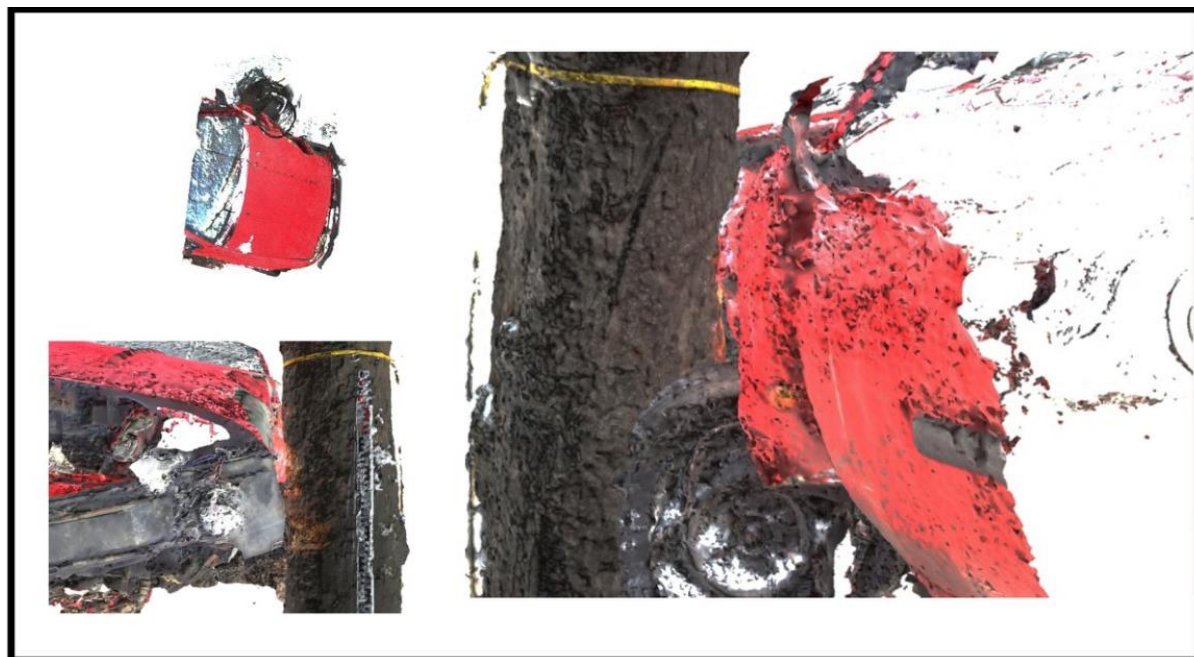
Sl. 9a- Prva pozicija bliže (Ponit Cloud)



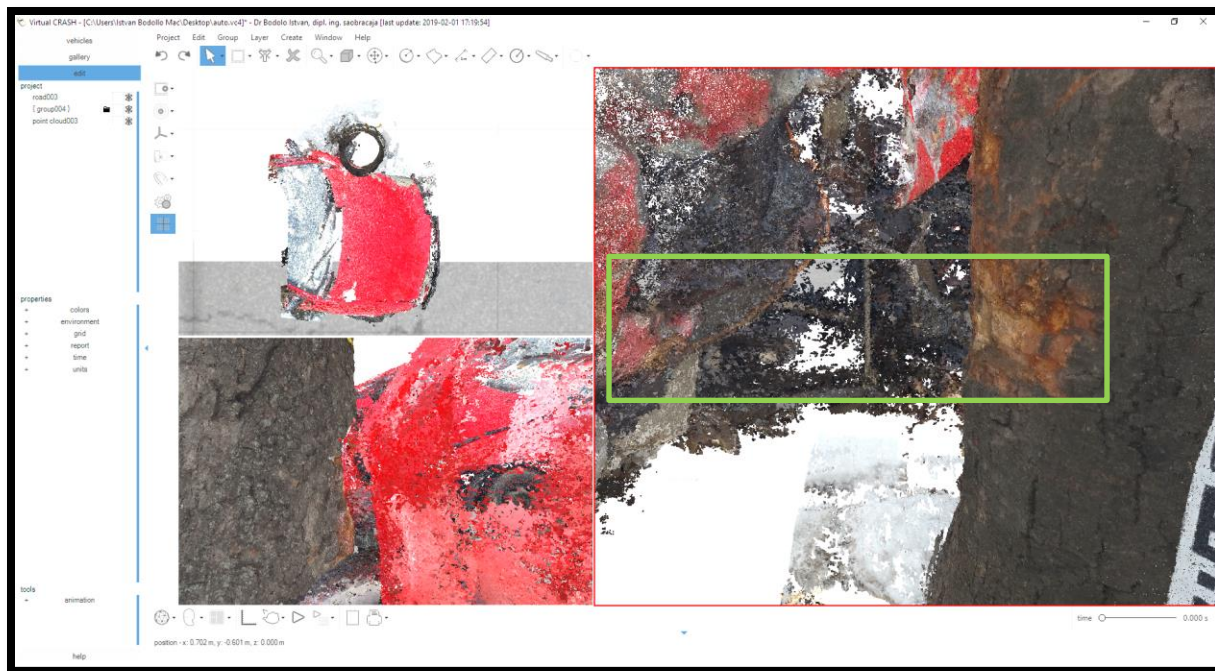
Sl. 9a- Prva pozicija bliže (Mesh)



**Sl. 9b- Prva pozicija – u kontaktu (Point Cloud)**



**Sl. 9b- Prva pozicija – u kontaktu (Mesh)**

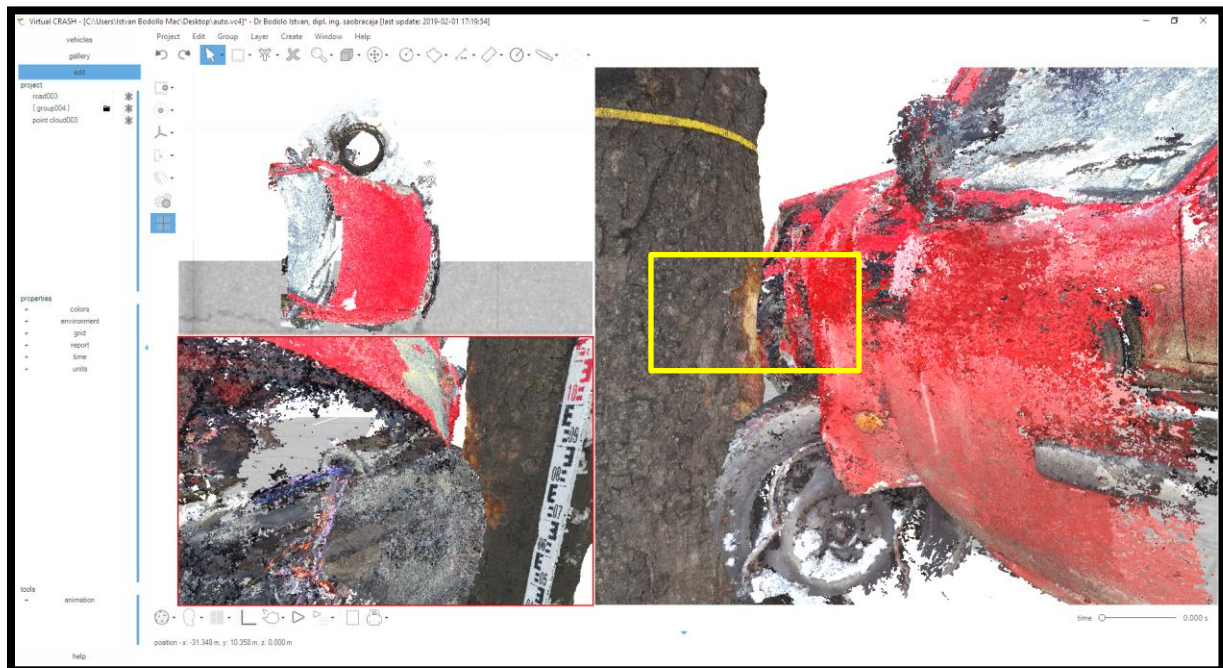


**Sl. 9c- Prva pozicija – pogled između oštećenih delova (Point Cloud)**

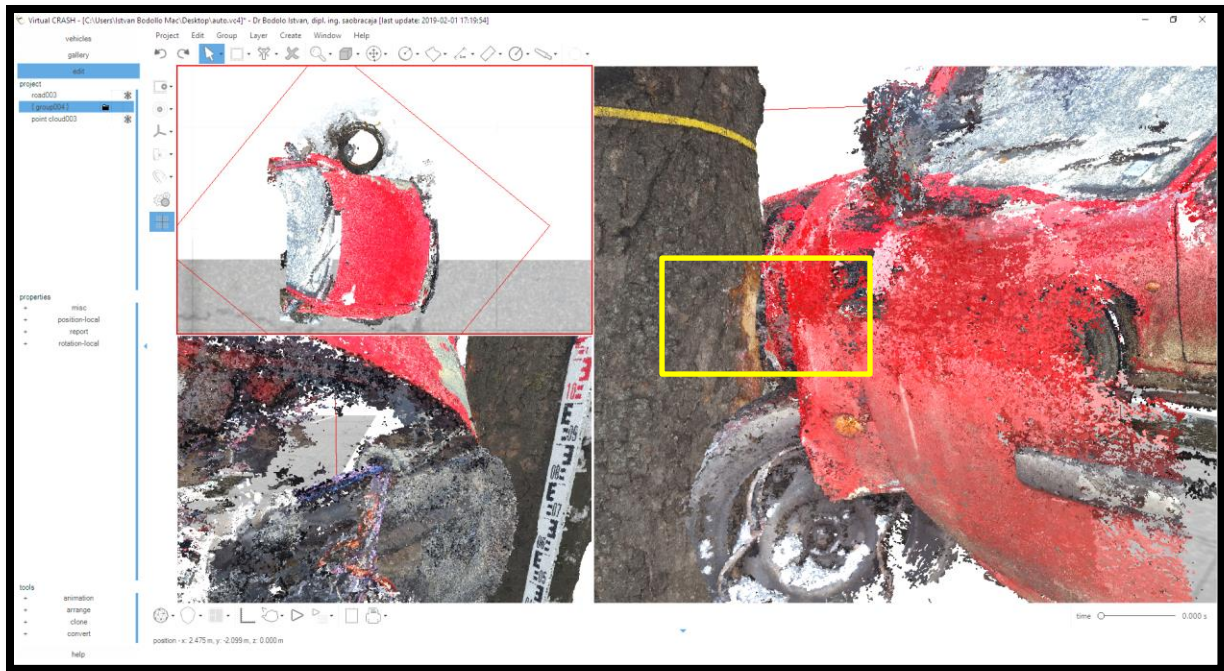


**Sl. 9c- Prva pozicija – pogled između oštećenih delova (Mesh)**

Druga pozicija prikazana pomoću (Sl. 10; 10a; 10b i 10c) verifikuje kontakt stabla drveta i oštećenja na sl. 3 obeleženo žutom elipsom.



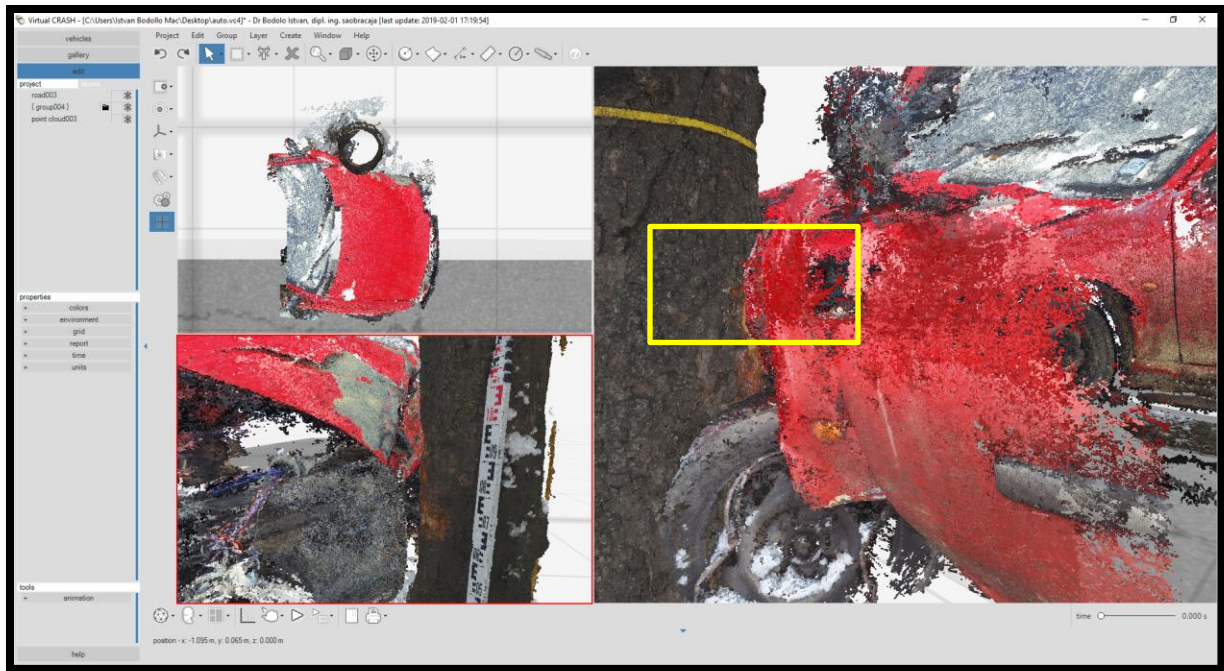
**Sl. 10- Druga pozicija dalje**



Sl. 10a- Druga pozicija bliže



Sl. 10b- Druga pozicija bliže



**Sl. 10c- Druga pozicija u spoju (Point Cloud)**

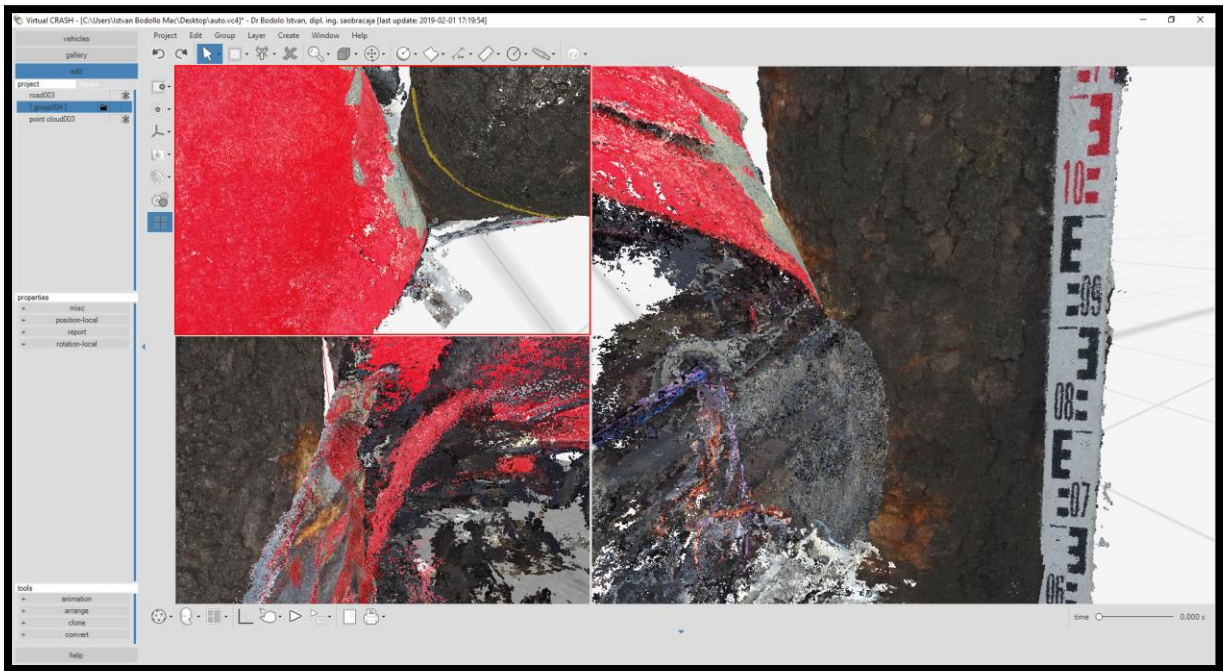
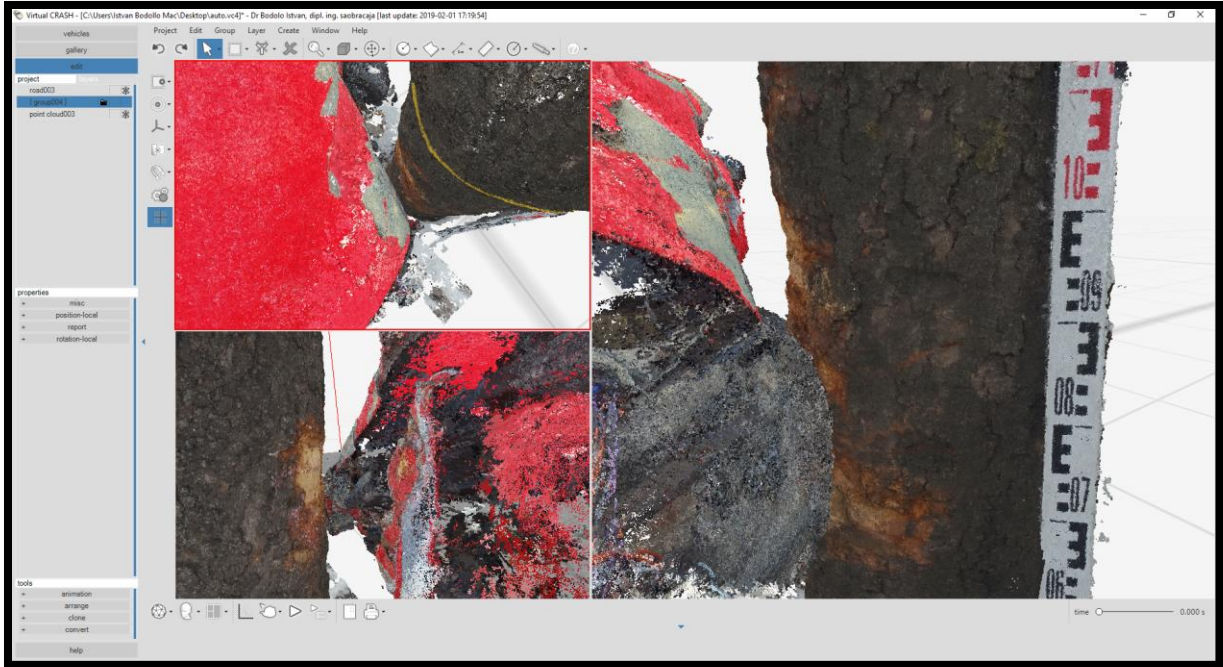


**Sl. 10c- Druga pozicija u spoju (Mash)**

## Zaključci:

Mislim da će svaki tip sudara da ukaže na nova iskustva.

- Ovaj realni primer sudara je dokazao da 3D modelovanje može biti jače dokazno sredstvo od dosadašnjeg načina rada.
- Utvrdio sam da se uzastopnim slikama iz izabраниh perspektiva i blizine, mogu pratiti vremenski nastanci oštećenja idući prema utvrđenom ili hipotetičkom mehanizmu nastanka sudara (kretanja vozila). Mislim na nastanak forme oštećenja ali i na pojedinačne tragove (bristotine, struganja, otisnute delove materijala i deformacije) (primer nastanka prvo oštećenja prikazanih zelenim na sl. 3 i nakon toga onih obeleženih žutim na sl. 2)
- Mora se voditi računa o razlici u dinamičkim i statičkim deformacijama (primer prodora blatobrana Forda u virtuelno stablo)
- Mora se voditi računa o nastanku oštećenja i nakon sudara koji je predmet analize (primer prednjeg levog točka Forda)
- Prvo testiranje 3D modelovanja je po mom mišljenju uspešno završeno i pokazalo je da može ovako i da je bolje.
- Priložio sam Point Cloud i Mesh verziju koje se kreiraju preko dva različita programa. Point Cloud pomoću Virtual Crash 4 a Mesh pomoću 3DMax.
- Slike kreirane pomoću Virtual Crash 4 su tačkaste, mislim dovoljno jasne, pogotovo kada se vrši i vizuelna prezentacija pa se delovi korišćenjem točkića na mišu polako približavaju i dovode u poklapanje ili nepoklapanje (taj deo je značajno upečatljiviji od slika koje su odštampane).
- Slike kreirane pomoću 3DMax programa mogu biti značajno jasnije (životnije) ali u funkciji svetlosti prilikom snimanja može de dogoditi da se područja na fotografiji razlivaju poput istopljene sveće ili plastelina.
- Prikazani metod rada je u stvari virtuelna rekonstrukcija superiorna u odnosu na rekonstrukciju sa realnim vozilima jer se u ovom slučaju 3D modeli mogu pomerati i uklapati beskonačnim brojem položaja, za razliku od realnih vozila.
- Prikazani model je nova vrsta mehanoskopskog uklapanja tragova i može se koristiti i u drugim oblastima kriminalistike.





## **PRAVCI DALJIH ISTRAŽIVANJA (PERSPEKTIVE)**

1. Sada postoji tradicionalno poređenje oštećenja pomoću merne letve, mehanizma kretanja vozila, iskustva i mišljenja veštaka.
2. Novi iskorak je 3D virtuelno modelovanje oštećenja na vozilima što je nova informacija i ne samo nadopuna metoda rada iz prethodnog stava.
3. Konačno i pouzdano utvrđivanje mogućih fingiranih sudara su odgovarajuće metode digitalne forenzike ( Crash Cube, CDR, WIN Cube) kojima se utvrđuju stanja elektronskih uređaja i na osnovu uvida u Zapisnik o uviđaju, kombinacijom prethodnih modela (tradicionalnim i 3D virtuelnim modelovanjem) stiče pouzdana informacija o predmetu spora.

Prvi metod je poznat tradicionalan, drugi je autor razvio a treći još nije komercijalno upotrebljiv.