

Komparativna analiza mogućnosti različitih vrsta za obavljanje očevida prometnih nesreća

Zovak, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:725752>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-12**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



**Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti**

DIPLOMSKI RAD

**KOMPARATIVNA ANALIZA MOGUĆNOSTI RAZLIČITIH VRSTA
UREĐAJA ZA OBAVLJANJE OČEVIDA PROMETNIH NESREĆA**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF DEVICES FOR PERFORMING
TRAFFIC ACCIDENTS RECONSTRUCTION**

Mentor: izv. prof. dr. sc. Željko Šarić

Student: Luka Zovak

JMBAG: 0135255309

Zagreb, lipanj, 2024.

Zagreb, 11. lipnja 2024.

Zavod: **Zavod za prometno-tehnička vještačenja**
Predmet: **Prometno tehničke ekspertize i sigurnost**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 7585

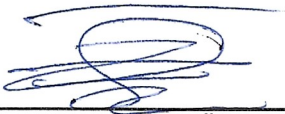
Pristupnik: **Luka Zovak (0135255309)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Komparativna analiza mogućnosti različitih vrsta za obavljanje očevida prometnih nesreća**

Opis zadatka:

U radu je potrebno opisati metodologiju provedbe očevida u Republici Hrvatskoj. Istražiti međunarodna iskustva u načinima provedbe očevida te ih komparirati s iskustvima u Republici Hrvatskoj. Opisati opremu potrebnu za provođenje očevida prometnih nesreća te temeljem provedenog istraživanja predložiti suvremenu opremu koja bi mogla se koristiti u provođenju očevida. Usporediti predloženu opremu s postojećim uređajima te analizirati dobivene rezultate i definirati smjernice za kvalitetnije obavljanje očevida.

Mentor:



izv. prof. dr. sc. Željko Šarić

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

SAŽETAK

U Diplomskom radu analizirani su različiti pristupi mjerenju i dokumentiranju očevida prometnih nesreća: tradicionalna mjerna kolica i suvremeni uređaji za mjerenje na temelju senzora pokreta. Istraživanje je pokazalo da uređaji za mjerenje na temelju senzora pokreta, konkretno uređaj "Moasure One Pro" pruža značajne prednosti u preciznosti, brzini i efikasnosti obavljanja očevida u usporedbi s tradicionalnim mjernim kolicima. Vrijeme potrebno za obavljanje očevida bilo je znatno kraće kod *uređaja za mjerenje na temelju senzora pokreta* dok je prijenos podataka u softverske aplikacije kao što su "AutoCad" i "PC-Crash" bio gotovo trenutni. Zaključno, uvođenje naprednih tehnologija u svakodnevnu praksu može značajno poboljšati kvalitetu i učinkovitost očevida prometnih nesreća.

KLJUČNE RIJEČI: Očevid prometnih nesreća, Prometna nesreća, Tragovi prometnih nesreća, "Moasure One Pro".

SUMMARY

In the thesis, various approaches to measuring and documenting traffic accident investigations were analyzed: traditional measuring wheels and modern motion sensor-based measuring devices. The research showed that motion sensor-based measuring devices, specifically the "Moasure One Pro" device, provide significant advantages in precision, speed, and efficiency in conducting investigations compared to traditional measuring wheels. The time required to conduct the investigation was significantly shorter with the motion sensor-based measuring devices, while data transfer to software applications such as "AutoCAD" and "PC-Crash" was almost instantaneous. In conclusion, the introduction of advanced technologies into everyday practice can significantly improve the quality and efficiency of traffic accident investigations.

KEY WORDS: Traffic accident investigation, Traffic accident, Traffic accident traces, "Moasure One Pro".

SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
2.	METODOLOGIJA PROVEDBE OČEVIDA U REPUBLICI HRVATSKOJ.....	3
2.2.	Orijentacijsko – informativna faza.....	4
2.3.	Statička (pasivna) faza.....	5
2.3.1.	.....Mjerenje prilikom očevida prometne nesreće	5
2.3.2.	.....Pregled mjesta događaja i fiksiranje tragova	7
2.4.	Dinamička (aktivna) faza.....	8
2.5.	Kontrolno – završna (finalna) faza.....	9
3.	MEĐUNARODNA ISKUSTVA U PROVEDBI OČEVIDA PROMETNIH NESREĆA	10
4.	OPREMA I UREĐAJI ZA OBAVLJANJE OČEVIDA PROMETNIH NESREĆA	13
4.1.	Tradicionalna oprema i metode očevida.....	14
4.2.	Napredne tehnologije u očevidu.....	17
4.2.1.	.....Primjena video snimaka i EDR podataka	19
4.2.2.	.....Lasersko skeniranje	19
4.2.3.	.....Fotogrametrija, rektifikacija i računalne simulacije	21
4.2.4.	.....Bespilotne letjelice	24
4.2.5.	.....Uređaji za mjerenje temeljem GPS sustava	29
4.2.6.	.....Uređaj za mjerenje na temelju senzora pokreta	30
5.	USPOREDNA ANALIZA OBAVLJANJA OČEVIDA RAZLIČITIM MJERNIM UREĐAJIMA.....	32
5.1.	Metodologija istraživanja obavljanja očevida različitim mjernim uređajima.....	33
5.1.1.	..... Simulacija sudara ("Crash test") vozila	33
5.1.2.	..... Tragovi vozila nakon "crash testa"	35

5.2.	Mjerenje i komparacija rada tradicionalnog mjernog uređaja i uređaja za mjerenje na temelju senzora pokreta.....	43
6.	ANALIZA DOBIVENIH REZULTATA TE SMJERNICE ZA KVALITETNIJE OBAVLJANJE OČEVIDA.....	53
6.1.	Analiza dobivenih rezultata.....	53
6.2.	Smjernice za kvalitetnije obavljanje očevida.....	60
7.	ZAKLJUČAK.....	64
	LITERATURA.....	65
	POPIS SLIKA, TABLICA I GRAFIKONA.....	67

1. UVOD

Prometne nesreće su složen i ozbiljan problem suvremenog društva koji uzrokuje ozbiljne posljedice na živote ljudi, imovinu i javnu sigurnost. Svake godine milijuni ljudi diljem svijeta izloženi su riziku od prometnih nesreća koje rezultiraju gubitkom života, ekonomskim gubicima i društvenim posljedicama. Osim što uzrokuju patnju pojedinaca i obitelji, prometne nesreće opterećuju zdravstveni sustav, sudove, osiguravajuća društva i resurse šireg društva.

Iako su prometne nesreće često rezultat kombinacije čimbenika, uključujući ljudsku pogrešku, nedostatke tehnologije vozila, cestovne i okolišne uvjete i druge čimbenike, sprječavanje i smanjenje prometnih nesreća zahtijeva sveobuhvatan pristup koji uključuje obrazovanje, poboljšanja infrastrukture, provedbu kodeksa i tehnička rješenja. Očevid prometnih nesreća je procesna radnja koju poduzimaju ovlaštena tijela u cilju razrješenja nastanka prometnih nesreća. S obzirom na složenost ovog problema i njegov utjecaj na društvo, razumijevanje uzroka, dinamike i posljedica prometnih nesreća ključno je za razvoj učinkovite strategije prevencije, intervencije i upravljanja. Stoga je analiza prometnih nesreća, uključujući čimbenike rizika, trendove, metode istraživanja i intervencije, važan dio sigurnosti prometa i pomaže u izgradnji sigurnijeg i održivijeg prometnog okruženja.

U kontekstu suvremenog prometnog inženjerstva i forenzičkih istraživanja, važnost kvalitetnog i preciznog istraživanja prometnih nesreća je teško procijeniti. Uvođenje različitih vrsta opreme za istraživanje prometnih nesreća predstavlja važan korak u poboljšanju tehnika istraživanja i analize u ovom kritičnom području.

Ovaj rad daje usporednu analizu različitih vrsta opreme koja se koristi tijekom očevida prometnih nesreća. Pregledom postojećih tehnologija, njihovih prednosti, nedostataka i primjene, želi se steći uvid u mogućnosti koje ovi uređaji nude u smislu prikupljanja relevantnih podataka, rekonstrukcije nesreća i izvođenja pouzdanih zaključaka o uzrocima i posljedicama prometnih nesreća.

Analiza se oslanja na teorijske osnove prometnog inženjerstva, forenzičke znanosti i praktična iskustva u području istraživanja prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj. Sustavnim pristupom i istraživanjem cilj je identificirati najučinkovitiju i

najprikladniju opremu za obavljanje očevida, uzimajući u obzir različite scenarije, uvjete i zahtjeve koji se mogu pojaviti u stvarnim situacijama na cesti.

Diplomski rad podijeljen je u sedam cjelina:

1. Uvod,
2. Metodologija provedbe očevida u Republici Hrvatskoj,
3. Međunarodna iskustva u provedbi očevida prometnih nesreća,
4. Oprema i uređaji za obavljanje očevida prometnih nesreća,
5. Usporedna analiza obavljanja očevida različitim mjernim uređajima,
6. Analiza dobivenih rezultata te smjernice za kvalitetnije obavljanje očevida,
7. Zaključak.

Prvo poglavlje ovog rada predstavlja uvod u kojem je iznesen cilj i prikazana struktura diplomskog rada.

Drugo poglavlje ovog rada prikazuje metodologiju provedbe očevida u Republici Hrvatskoj u četiri osnovne faze a to su: orijentacijsko informativna, statička (pasivna), dinamička (aktivna) i kontrolno – završna (finalna).

U trećem poglavlju analizirana su međunarodna iskustva u provedbi očevida prometnih nesreća.

U četvrtom poglavlju prikazana je oprema i uređaji koji se koriste u obavljanju očevida prometnih nesreća.

U petom poglavlju prikazani su i opisani rezultati istraživanja mogućnosti primjene različitih mjernih uređaja u obavljanju očevida. Istraživanje je provedeno na temelju tragova realnog sudara dva vozila (tzv. *Crash test*) korištenjem dva različita uređaja, "*MoasureOne Pro*" uređaja i mjernih kolica

U šestom poglavlju analizirani su dobiveni rezultate te na temelju njih su predložene smjernice za bolje i kvalitetnije obavljanje očevida.

U sedmom poglavlju prikazan je Zaključak rada.

2. METODOLOGIJA PROVEDBE OČEVIDA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Očevid je procesna radnja koju poduzimaju nadležni ovlašteni organi radi utvrđivanja i razrješenja za postupak važnih čimbenika [1]. Provođenje istrage prometne nesreće ključno je za razumijevanje uzroka, okolnosti i posljedica sudara na cesti. Svaka istraga mora se provoditi sustavno i temeljito kako bi se prikupili svi relevantni dokazi, osigurala točnost informacija i izvukli valjani zaključci. Moraju se provesti temeljite i točne istrage kako bi se osigurala pravda i odgovornost te razvile učinkovite mjere za sprječavanje budućih incidenata.

Faze očevida prometne nesreće sastoje se od niza koraka, od dolaska na mjesto nesreće do izrade završnog izvješća. Mjesto nesreće podrazumijeva šire i uže područje mjesta nesreće. Šire područje je područje preko kojeg se dolazi do samog mjesta nesreće, a uže područje podrazumijeva najbližu okolinu mjesta nesreće koju treba što detaljnije opisati te navesti točne mjere i udaljenosti od početne točke mjerenja.

- Osiguravanje mjesta nesreće prethodi očevidu, ali također predstavlja i sastavni dio očevida,
- Mjesto nesreće osiguravanju policijski službenici do dolaska ekipe za očevid,
- Njihov zadatak je i prikupiti obavijesti o samoj nesreći, eventualnim očevicima, regulirati (ili obustaviti) promet na mjestu nesreće te osigurati tragove ukoliko je potrebno [1].

Svaka faza ima svoje specifično značenje i pridonosi ukupnom procesu istrage. Ove faze uključuju orijentacijsko – informativnu fazu (dolazak na mjesto događaja, prikupljanje osnovnih informacija), statičku odnosno pasivnu fazu (planiranje, zapažanje, obilježavanje tragova bez dodirivanja i mijenjanja samih tragova), dinamičku odnosno aktivnu fazu (prethodno fiksirani predmeti se mogu pomicati i proučiti) te kontrolno završnu fazu (pregled i provjera rezultata obavljenog očevida).

Ovo poglavlje će detaljno opisati svaku fazu, naglašavajući njenu važnost i doprinos cjelokupnom procesu istrage. Cilj je pružiti cjelovit pregled postupaka koji omogućuju učinkovite i zakonite istrage, osiguravaju pravdu za sve uključene i promiču sigurnost u prometu. Temeljitim pristupom istrazi, broj prometnih nesreća

i njihove posljedice mogu se značajno smanjiti, stvarajući sigurniji prometni sustav za sve korisnike.

2.2. Orijentacijsko – informativna faza

Po dolasku na mjesto događaja koje je već bilo osigurano, ekipa za očevid započinje prikupljanje detaljnih informacija od osoba zaduženih za osiguranje mjesta nesreće odnosno policija. Ovo uključuje dobivanje podataka o svim poduzetim mjerama, kao i o informacijama prikupljenim o načinu i vremenu saznanja o nesreći, trenutku početka osiguranja mjesta i vremenu koje je proteklo od nesreće do njihovog dolaska. Osobe koje su prvo stigle na mjesto nesreće izvješćuju ekipu o svim osobama koje su zatekle na mjestu događaja te o svim promjenama koje su se dogodile u međuvremenu. Ključno je dobiti podatke o tome tko je pružio prvu pomoć ozlijeđenima, gdje su ozlijeđeni prevezeni i tko ih je prevezao. Također se evidentiraju ozlijeđene osobe, njihova uloga u nesreći (putnik, pješak, vozač) te bilo kakve informacije koje su ozlijeđeni možda dali prije nego su prevezeni u zdravstvenu ustanovu. Ako se netko od sudionika ili svjedoka udaljio s mjesta događaja, bilježe se poduzete mjere u vezi s tim.

Tijekom ove faze, istražitelji također utvrđuju sve eventualne promjene u prvobitnom stanju mjesta nesreće, uključujući položaj vozila i tragova, te poduzete mjere za upravljanje prometom i omogućavanje nesmetanog odvijanja prometa. Ako mjesto nesreće nije bilo prethodno osigurano, informacije se prikupljaju od osoba prisutnih na mjestu događaja, uključujući svjedoke, očevidce i sudionike. Istražitelji pregledavaju mjesto nesreće i okolinu kako bi prikupili sve relevantne informacije o tome što se dogodilo. Ovisno o specifičnostima nesreće, poput tipa sudara (npr. sudar pješaka i vozila ili sudar dva vozila iz suprotnih smjerova), donosi se odluka o optimalnom načinu provođenja očevida. Ovaj pristup može uključivati metodu od centra prema periferiji ili obratno, ovisno o situaciji [1].

U konačnici, ova orijentacijsko-informativna faza ključna je za osiguranje svih relevantnih informacija i postavljanje čvrstih temelja za daljnje faze očevida. Prikupljene informacije omogućuju istražiteljima da precizno rekonstruiraju događaje, utvrde uzroke nesreće i doprinesu donošenju pravovaljanih zaključaka koji će služiti kao osnova za daljnje pravne i preventivne mjere.

2.3. Statička (pasivna) faza

U statičkoj fazi ekipa za očevid kreće se po mjestu događaja i vrši planiranje očevida i zapažanja, a kriminalistički tehničar obilježava tragove i predmete u vezi s događajem i obavlja mjerenje, snimanje i skiciranje [1].

2.1.1. Mjerenje prilikom očevida prometne nesreće

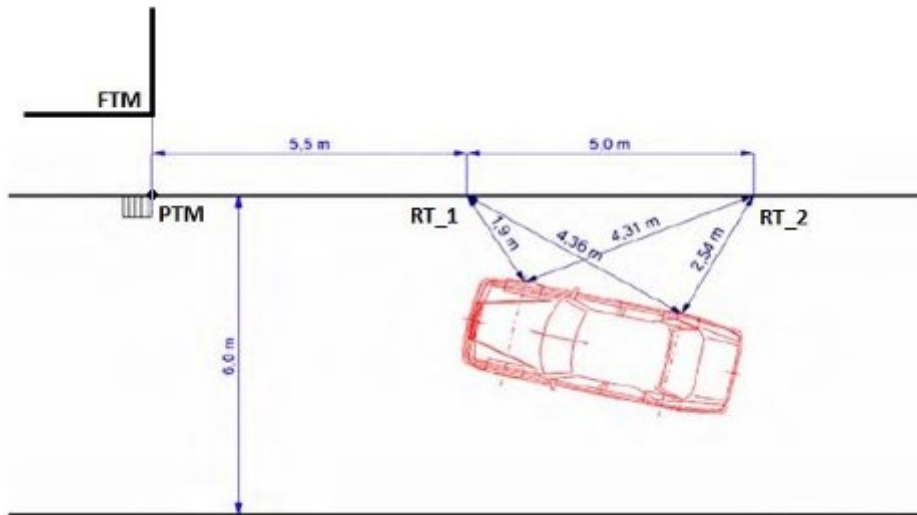
Na samom početku mjerenja prilikom očevida, određuju se fiksna točka mjerenja (FTM) i početna točka mjerenja (PTM). Početna faza uključuje određivanje fiksne točke (FT), koja je nepromjenjiva točka ili pravac u prostoru, kao što je kut kuće, položaj stupa rasvjete, kilometarski stupić, kut šahta, rub kolnika, betonski ulaz i slično. Izbor FT ne ograničava prostorni obuhvat očevida (npr. može se mjeriti istočno i zapadno od PTM). Kao os mjerenja "od FT" uzima se rub kolnika, a u slučaju zavoja, zamišljeni produžetak ruba kolnika. Ako je zavoj dovoljno točno izmjeren, tada os mjerenja može biti rub kolnika. Os mjerenja treba odabrati tako da se rub kolnika nalazi izvan pretežnog položaja tragova, kako bi okomita udaljenost izbjegla presijecanje položaja vozila ili tragova.

Početna točka mjerenja (PTM) uvijek se postavlja kao okomica na rub kolnika u odnosu na FT. Mjerenja se provode sustavom pravokutnog trokuta, gdje jednu katetu čini os mjerenja (od PTM do položaja traga po osi mjerenja, a zatim okomito prema tragu koji se fiksira). FT i PTM moraju se fotografirati radi jednoznačnog prepoznavanja pri eventualnoj naknadnoj rekonstrukciji. Kada se određuje položaj bicikla ili motocikla, određuje se položaj osovine prednjeg i stražnjeg kotača.

Tijekom očevida, važno je točno opisati i skicirati izgled šireg i užeg područja mjesta nesreće te snimljenim fotografijama što vjernije prikazati izgled mjesta nesreće i raspored svih tragova. Tragovi na mjestu prometne nesreće upisuju se u Zapisnik o očevidu, koji uključuje fotodokumentaciju i skicu prometne nesreće u određenom mjerilu.

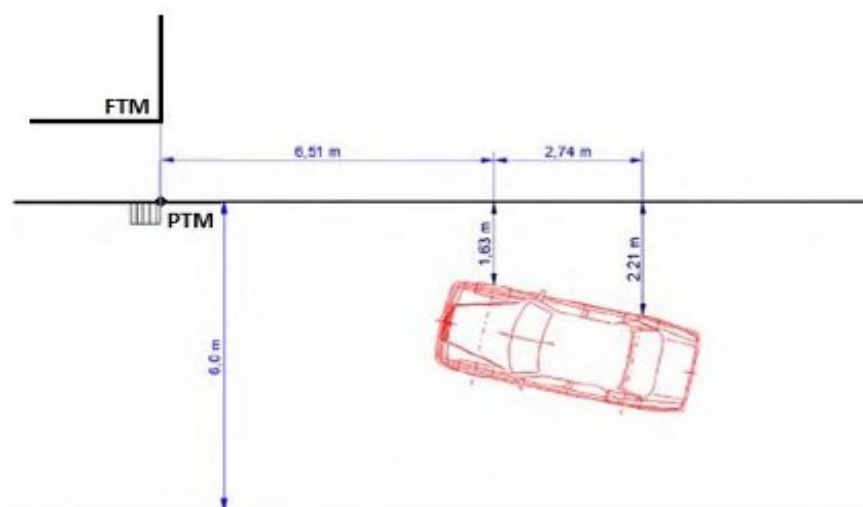
Položaj tragova prometne nesreće određuje se uspostavljanjem fiksne točke mjerenja (FTM), koja predstavlja nepromjenjivu točku ili pravac u prostoru, poput kuta kuće, položaja stupa rasvjete, ruba kolnika, betonskog ulaza i slično. Nakon određivanja FTM, postavlja se početna točka mjerenja (PTM) kao okomica na rub kolnika u odnosu na FTM.

Mjerenja se mogu provoditi na dva načina: sustavom trokuta, gdje se definiraju dvije referentne točke (RT) i njihova udaljenost od PTM. Referentne točke predstavljaju dva vrha trokuta, a iz svake točke mjeri se udaljenost do traga koji se fiksira kao što je vidljivo na slici 1.



Slika 1. Mjerenje položaja vozila sustavom pravokutnog trokuta [1]

Drugi način mjerenja podrazumijeva mjerenje udaljenosti uz rub kolnika od PTM do okomice traga koji se fiksira, a zatim do samog traga. U sustavu trokuta svaki trag se fiksira iz dvije referentne točke, dok se u drugom slučaju svaki trag fiksira samo iz PTM. Za točno pozicioniranje traga u prostoru, veće tragove potrebno je fiksirati s dvije linije mjerenja, npr. kod vozila izmjeriti trag do prednjih i zadnjih kotača istog vozila kao što je prikazano slikom 2.



Slika 2. Mjerenje položaja vozila sustavom s dvije paralelne točke mjerenja [1]

Fiksna točka mjerenja i početna točka mjerenja moraju se fotografirati kako bi se osiguralo jednoznačno prepoznavanje pri eventualnoj naknadnoj rekonstrukciji.

2.1.2. Pregled mjesta događaja i fiksiranje tragova

U ovoj fazi pregledava se mjesto nesreće i prikupljaju se dokazi kako bi se misaono rekonstruiralo činjenično stanje. Na temelju tragova, obavijesti i prikupljenih dokaza nastoji se utvrditi mehanizam nastanka nesreće i njen uzrok, postavljajući radne verzije i hipoteze. Razjašnjavanje činjenica provodi se prema unaprijed dogovorenim zadacima i podjeli uloga. Sve što se zapazi mora se pažljivo pregledati, izmjeriti, unijeti u skicu i fotografirati. Očevid se obavlja sustavno, prema specifičnostima nesreće, pregledavajući sve elemente redom kako se pojavljuju.

U statičkom dijelu očevida ekipa promatra i opisuje mjesto nesreće u nepromijenjenom stanju, bez diranja ili premještanja tragova i predmeta. Potrebno je precizno odrediti točno mjesto i okolnosti te fiksirati lokaciju u odnosu na referentne objekte (npr. kut kuće, most). Posebna pažnja posvećuje se pravilima i prometnim propisima na mjestu nesreće (naseljeno područje ili van njega, državna cesta, gradska ulica, raskrižje). Potrebno je točno zabilježiti karakteristike ceste (pravac, suženje, raskrižje, zavoj, nagib) i vrstu kolničkog zastora, stanje kolnika, širinu kolnika, opremu ceste, stanje prometa, vremenske uvjete, vidljivost i postojeće prometne znakove i signalizaciju.

Svaka pogreška u ovoj fazi može značajno utjecati na kvalitetu očevida i rezultirati nekvalitetnim izvješćem koje se prosljeđuje nadležnim tijelima. Posebnu pažnju treba posvetiti uočavanju i fiksiranju detalja i tragova na kolniku i vozilima koji ukazuju na točno mjesto kontakta, odnosno sraza između vozila ili naleta vozila na pješaka. Utvrđivanje identiteta sudionika i svjedoka te prikupljanje obavijesti od prisutnih na mjestu nesreće ključno je za daljnji tijek postupka i određivanje svih okolnosti pod kojima je nesreća nastala.

Provjera identiteta osoba je službena radnja. Policijski službenik provjerava identitet tako da zatraži osobnu iskaznicu ili drugu ispravu s fotografijom. Sva zapažanja o okolnostima nesreće korisna su tijekom očevida te olakšavaju daljnje zaključivanje. Prikupljanje obavijesti tijekom očevida je značajno i ne smije se

zanemariti, a svim podacima treba pridati pravi značaj uz primjenu načela skeptičnosti. Osobni i materijalni dokazi moraju se međusobno nadopunjavati. Ako su podaci kontradiktorni, potrebno je ponovo provjeriti da li je došlo do greške ili su sudionici i svjedoci namjerno ili nenamjerno dali netočne informacije.

Tijekom prikupljanja podataka o osobama povezanim s nesrećom, potrebno je vozaču utvrditi ime i prezime, ime oca, JMBG ili datum rođenja, mjesto i općinu rođenja, prebivalište ili boravište, zanimanje te radno mjesto, naziv tvrtke i adresu, sve podatke o vozačkoj dozvoli te kojim je vozilom upravljao. Za putnike se utvrđuje u kojem su vozilu bili, gdje su sjedili te jesu li koristili sigurnosni pojas, a svi navedeni podaci unose se u Zapisnik o očevidu. Sa sudionicima i svjedocima obavljaju se razgovori te se na temelju njihovih iskaza naknadno sastavljaju službene zabilješke. Za vozilo je potrebno utvrditi sve podatke o vrsti, registarsku oznaku, broj šasije, tip, godinu proizvodnje, vlasništvo, policu osiguranja, opterećenost i oštećenje [1].

2.4. Dinamička (aktivna) faza

U dinamičkoj ili aktivnoj fazi očevida, ekipa za očevide detaljno pregledava sve što se nalazi na mjestu događaja. Predmeti koji su prethodno fotografirani, skicirani i opisani u prvobitnom položaju mogu se pomaknuti radi detaljnijeg pregleda. Budući da je stanje već fiksirano, u ovoj fazi mogu se obavljati promjene i izuzimanja predmeta ukoliko je potrebno za vještačenje. Ova faza omogućuje otkrivanje zaklonjenih tragova, kao što su oni ispod prevrnutog vozila.

Pronađeni predmeti povezani s prometnom nesrećom detaljno se pregledavaju i potom izuzimaju nakon prethodnog fiksiranja. Kriminalistički tehničar mora izmjeriti, fiksirati, fotografirati i zabilježiti sve bitne elemente za tehnički opis mjesta događaja. Ovi podaci kasnije se unose u Zapisnik o očevidu, uključujući opis mjesta nesreće, tragova i položaja nastradalih [1].

Tijekom rada potrebno je posebno obratiti pažnju na okolnosti koje se razlikuju od uobičajenih za slične nesreće. Takve neobične okolnosti trebaju biti zabilježene u Zapisniku o očevidu. U ovoj fazi također se provode prometno-kriminalistički pokusi kako bi se provjerile činjenice ili iskazi, poput probnog kočenja, ispitivanja efekta svjetla na neravnom kolniku, refleksije svjetla od glatke površine i slično.

2.5. Kontrolno – završna (finalna) faza

U kontrolnoj fazi, ekipa za očevide sumira rezultate očevida te nastoji ispraviti eventualne propuste. U ovoj fazi posebno se obraća pažnja na najčešće greške, poput površnog pregleda mjesta nesreće, nekvalitetnog fiksiranja tragova, ne izuzimanja tragova s vozila te neadekvatnog prikupljanja podataka o cestovnoj opremi i signalizaciji. Tijekom završne faze odlučuje se o daljnjem postupku s izuzetim predmetima i tragovima, bilo da se šalju na vještačenje, pohranu ili drugu namjenu.

Nakon završetka očevida, potrebno je obnoviti stanje kolnika na ono prije nesreće. To uključuje sigurno uklanjanje vozila, krhotina stakla i plastike, čišćenje tragova krvi i ulja, te izvještavanje o hitnim popravcima ili postavljanju prometne signalizacije. Na kraju, osigurava se nesmetano odvijanje prometa [1].

3. MEĐUNARODNA ISKUSTVA U PROVEDBI OČEVIDA PROMETNIH NESREĆA

Provedba očevida prometnih nesreća ključna je komponenta u istraživanju i razumijevanju uzroka nesreća, te u formuliranju mjera za povećanje sigurnosti na cestama. Metode i pristupi korišteni u ovoj provedbi variraju diljem svijeta, što je rezultiralo bogatstvom različitih praksi i iskustava. Međunarodna iskustva u provedbi očevida prometnih nesreća pružaju dragocjene uvide u učinkovite metode prikupljanja dokaza, analize uzroka nesreća, te primjene novih tehnologija i metodologija. Proučavanje tih iskustava omogućava usporedbu različitih pristupa, identifikaciju najboljih praksi te prilagodbu tih metoda specifičnim potrebama i uvjetima svake zemlje. Ovo poglavlje ima za cilj prikazati radove koji imaju različite pristupe i metodologije kao što su *"Measuring Accident Scenes Using Laser Scanning Systems and the Use of Scan Data in 3D Simulation and Animation"* autora Iwan Parry-a i Patrick Kuhn-a, te istaknuti inovacije kao što su *"Using CCTV data in the analysis of real vehicle accidents: a laser scanner approach"* autora Francesco i Andrea Del Cesta i potaknuti razmjenu znanja i suradnju između država kako bi se unaprijedila sigurnost na cestama globalno.

Rezultati istraživanja prikazanog u dokumentu *"Using CCTV data in the analysis of real vehicle accidents: a laser scanner approach"* fokusiraju se na primjenu podataka sa CCTV kamera i laserskog skenera za rekonstrukciju stvarnih prometnih nesreća. Autor koristi kombinaciju ovih tehnologija za precizno određivanje položaja i brzine vozila u nesreći. Testovi su pokazali da je moguće precizno odrediti položaj i brzinu vozila kombinacijom video okvira iz CCTV snimaka i laserskog skeniranja scene. Korištenje ovih tehnologija omogućava identifikaciju značajnih točaka na sceni i precizno praćenje kretanja vozila.

Istraživanje uključuje detaljnu analizu neizvjesnosti pri mjerenju položaja i brzine vozila. Preciznost mjerenja je analizirana u različitim scenarijima i pokazalo se da rezultati korištenjem *"Photomodeler"* i *"Drawn Lines"* pristupa daju slične rezultate. Studije slučaja su pokazale praktičnu primjenu ove metode. U jednom primjeru, autor je uspio rekonstruirati sudar između automobila i motocikla pomoću video snimaka i laserskog skeniranja, te je precizno odredio brzinu i putanju vozila prije sudara. Ovi rezultati su korišteni za daljnju simulaciju nesreće u softveru *"PC-Crash"*, što je omogućilo detaljnu rekonstrukciju događaja.

Na temelju prezentiranih rezultata, autor je uspješno proveo istraživanje. Uspostavljena metoda je dokazano korisna u preciznoj rekonstrukciji prometnih nesreća, omogućujući precizno određivanje položaja i brzine vozila. Analiza neizvjesnosti i praktična primjena na stvarnim slučajevima dodatno potvrđuju valjanost i učinkovitost pristupa. Opći zaključak je da je autor uspješno demonstrirao kako kombinacija CCTV podataka i laserskog skeniranja može poboljšati točnost rekonstrukcija prometnih nesreća, čineći ovo istraživanje značajnim doprinosom u području analize nesreća.

Rezultati istraživanja i zaključci istraživanja predstavljeno u dokumentu *"Measuring Accident Scenes Using Laser Scanning Systems and the Use of Scan Data in 3D Simulation and Animation"* fokusira se na primjenu 3D laserskog skeniranja u istraživanju prometnih nesreća i rekonstrukciji incidenata. Laserski skeneri omogućuju brzo prikupljanje velike količine podataka, čime se incidentne scene mogu 'očuvati' u detaljnim trodimenzionalnim modelima. Ovi modeli se koriste za simulaciju dinamike vozila i animaciju incidenata.

Preliminarna istraživanja pokazala su da uporaba laserskih skenera može značajno uštedjeti vrijeme pri mjerenju složenih prometnih nesreća te prikupljati više prostornih podataka nego tradicionalni sustavi kao što su totalne stanice. Skeneri omogućuju generiranje detaljnih modela površina ceste koji su ključni za simulacije dinamike vozila, posebice kada je precizna geometrija cestovne površine bitna.

Korištenje laserskog skeniranja također omogućuje prikupljanje detaljnih geometrijskih podataka na mjestima gdje je to teško ili nepraktično postići drugim metodama. Skeniranjem se mogu mjeriti okoline incidenta, uključujući topografiju, zgrade i vegetaciju, što doprinosi izradi detaljnih trodimenzionalnih modela okoline za računalne simulacije ili animacije incidenata.

Dokument pruža primjere korištenja podataka skeniranja u razvoju složenih simulacija dinamike vozila i animacija incidentnih sekvenci. *"Transport Research Laboratory"* je zaključio da lasersko skeniranje predstavlja vrijedan alat za istraživanje nesreća, analizu i prezentaciju rekonstrukcija nesreća.

Završni zaključci istraživanja pokazuju da laserski skeneri omogućuju brže prikupljanje podataka na složenim mjestima nesreća, što može imati pozitivan ekonomski učinak smanjenjem vremena zatvaranja cesta i povezanih troškova.

Također, tehnologija omogućuje prikupljanje znatno većih količina prostornih podataka, što je korisno za preciznu rekonstrukciju i analizu nesreća. Na temelju rezultata istraživanja, može se zaključiti da je autor uspješno proveo istraživanje, pokazavši da lasersko skeniranje značajno poboljšava efikasnost i detaljnost prikupljanja podataka o prometnim nesrećama, te pruža vrijedne alate za njihovu analizu i rekonstrukciju.

4. OPREMA I UREĐAJI ZA OBAVLJANJE OČEVIDA PROMETNIH NESREĆA

Izrada očevida prometnih nesreća koristi različite metode i opremu diljem svijeta kako bi se osigurali što precizniji i pouzdaniji rezultati. Tradicionalne metode uključuju ručno mjerenje i dokumentiranje mjesta nesreće pomoću mjerne opreme poput metara i mjernih kolica. Skiciranje mjesta nesreće i fotografiranje ključnih elemenata također su ključne komponente tradicionalnog pristupa. Uz ove tradicionalne metode, u modernije i novije metode ubrajaju se:

- Primjena video snimaka,
- "Event Data Recorder" (EDR),
- Lasersko skeniranje tragova,
- Fotogrametrija,
- Računalne simulacije,
- Bespilotne letjelice,
- "Moasure One Pro" uređaj.

Video snimke sa sigurnosnih kamera postavljenih u blizini mjesta nesreće mogu pružiti dragocjene informacije o dinamici nesreće. Analiza CCTV snimaka može pomoći u identificiranju ključnih trenutaka prije, tijekom i nakon nesreće. Pojedini računalni programi za analizu prometnih nesreća omogućuju integraciju video snimaka pomoću kojih je moguće utvrditi i brzine kretanja vozila.

"Event Data Recorder" (EDR) uređaji, poznati i kao "crne kutije" automobila, bilježe podatke o vozilu kao što su brzina, ubrzanje, aktiviranje zračnih jastuka i druge kritične informacije neposredno prije, tijekom i nakon nesreće. EDR podaci pružaju objektivne informacije koje se mogu koristiti kao izvorni tragovi pomoću kojih se utvrđuje dinamika kretanja vozila pet sekundi prije sudara ili za potvrđivanje i osporavanje drugih izvora dokaza.

Lasersko skeniranje koristi se za stvaranje točnih trodimenzionalnih modela mjesta nesreće te omogućuje detaljnu analizu tragova guma, deformacija vozila i drugih ključnih elemenata, pružajući visoku razinu preciznosti i detalja.

Fotogrametrija koristi fotografije snimljene iz različitih kutova kako bi se stvorili precizni trodimenzionalni modeli mjesta nesreće. Ova metoda omogućuje detaljnu analizu tragova i položaja vozila te pruža vizualnu dokumentaciju mjesta nesreće.

Kombiniranjem podataka iz različitih izvora, poput laserskog skeniranja, EDR-a i CCTV snimaka, moguće je stvoriti detaljne 3D modele i simulacije nesreće. Ove rekonstrukcije omogućuju istražiteljima da vizualno prikažu tijek događaja i bolje razumiju mehanizme nesreće. Korištenje specijaliziranih računalnih programa omogućuje simulaciju različitih scenarija nesreće. Ovi programi mogu pomoći u analizi uzroka nesreće, procjeni brzine vozila i drugih ključnih faktora

Besplatne letjelice ili dronovi koriste se za snimanje zračnih fotografija i videa mjesta nesreće i omogućuje pregled šireg područja nesreće iz različitih kutova, što može pomoći u boljoj rekonstrukciji događaja.

Uređaji za mjerenje na temelju senzora pokreta, poput *"Moasure One Pro"* uređaja je napredni alat za precizno mjerenje i analizu prostornih podataka koristeći lasersku tehnologiju. Ovaj uređaj omogućuje korisnicima brzo i točno prikupljaju podatke o udaljenostima, površinama i volumenima, čineći ga idealnim za upotrebu u različitim industrijama, uključujući građevinarstvo, geodeziju i arhitekturu.

Sve ove metode, kada se koriste zajedno, omogućuju istražiteljima da stvore sveobuhvatnu i detaljnu sliku nesreće. Kombinacija tradicionalnih metoda s naprednim tehnologijama osigurava visoku razinu preciznosti i pouzdanosti u izradi očevida prometnih nesreća. Međunarodna praksa naglašava važnost korištenja više izvora dokaza kako bi se osigurala točna rekonstrukcija događaja i kako bi se mogle donijeti informirane odluke u vezi sa sigurnošću na cestama i prevencijom nesreća.

4.1. Tradicionalna oprema i metode očevida

Tradicionalne metode očevida prometnih nesreća dugo su bile temeljna praksa u istraživanju prometnih incidenata. Navedene metode podrazumijevaju opremu poput kolica za mjerenje te uključuju niz ručnih i osnovnih tehnika koje su se razvijale kroz desetljeća, a njihova jednostavnost i praktičnost čine ih i dalje relevantnima u mnogim situacijama.

Jedna od osnovnih komponenti tradicionalnog očevida je ručno mjerenje mjesta nesreće. Korištenjem osnovnih mjernih alata poput metara i mjernih kotača, istražitelji prikupljaju ključne podatke o položaju vozila, tragovima kočenja,

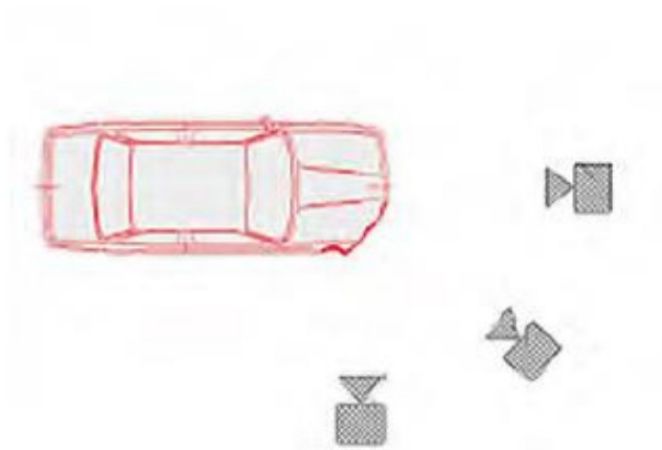
udaljenostima između objekata i drugim važnim detaljima koji se spominju kasnije u ovom radu. Ove mjere često su osnovne za utvrđivanje dinamike nesreće i procjenu brzine vozila prije sudara. Ručna mjerenja, iako manje precizna od modernih tehnologija, omogućuju istražiteljima da brzo dobiju osnovne podatke potrebne za daljnju analizu [4]. Na slici 3 prikazana je tradicionalna oprema za obavljanje očevida u vidu mjernih kolica i metra.



Slika 3. Prikaz mjernih kolica (lijevo) i metra (desno)

Skiciranje mjesta nesreće još je jedna ključna tradicionalna metoda. Istražitelji na licu mjesta izrađuju skice koje prikazuju položaj vozila, tragove kočnja, položaj oštećenih objekata i druge relevantne elemente. Ove skice često uključuju mjere i udaljenosti prikupljene ručnim mjerenjem te služe kao vizualni prikaz mjesta nesreće. Skiciranje je korisno jer omogućuje jednostavno i brzo bilježenje prostora i položaja elemenata nesreće, što je ključ za kasniju analizu i rekonstrukciju događaja.

Fotografiranje je također integralni dio tradicionalnih metoda očevida. Fotografije se koriste za dokumentiranje stanja na mjestu nesreće odmah nakon incidenta. Istražitelji snimaju široke kadrove mjesta nesreće kako bi prikazali ukupni kontekst, kao i detaljne snimke specifičnih tragova, oštećenja na vozilima, znakova i drugih elemenata. Fotografije pružaju vizualni dokaz koji može biti koristan tijekom daljnje analize i sudskih procesa. Kvaliteta i količina fotografija mogu značajno utjecati na sposobnost istražitelja da kasnije rekonstruiraju točan slijed događaja [4]. Fotografiranje oštećenja na vozilima provodi se na način da se vozilo fotografira na svakih 45° kao što je prikazano na slici 4.



Slika 4. Prikaz pozicije fotografiranja oštećenja na vozilu

Na slici 5 prikazani su primjeri fotografija nakon simuliranog sudara dva vozila (tzv. "crash testa") održanog na Zavodu za prometno – tehnička vještačenja Fakulteta prometnih znanosti u Zagrebu 9.4.2024.



Slika 5. Prikaz fotografija sa "crash testa"

Ručno prikupljanje izjava svjedoka i sudionika nesreće također je dio tradicionalnog pristupa. Policijski službenici i istražitelji razgovaraju s prisutnim osobama kako bi prikupili informacije o tome što su vidjeli i čuli. Ove izjave često nude važne uvide u uzroke nesreće i ponašanje sudionika prije, tijekom i nakon

incidenta. Iako subjektivne, izjave svjedoka mogu pružiti dragocjene informacije koje se mogu koristiti za usporedbu s fizičkim dokazima prikupljenim na licu mjesta.

Tradicionalne metode obavezno uključuju pregledavanje fizičkih dokaza na mjestu nesreće. To može uključivati pregled tragova kočenja, udaraca na vozilima, razbijenih dijelova i drugih materijalnih ostataka. Istražitelji pažljivo proučavaju ove dokaze kako bi utvrdili smjer kretanja vozila, točke udara i moguće uzroke nesreće. Pregled fizičkih dokaza često je kombiniran s ručnim mjerenjem i fotografiranjem kako bi se stvorila cjelovita slika nesreće [4,5].

Iako tradicionalne metode očevida prometnih nesreća mogu biti vremenski zahtjevne i manje precizne od suvremenih tehnika, njihova jednostavnost i praktičnost čine ih neophodnima u mnogim situacijama. Ručne metode omogućuju istražiteljima da brzo prikupe osnovne podatke na licu mjesta, što je ključno za početnu analizu i hitne postupke. Unatoč napretku tehnologije, osnovne tehnike mjerenja, skiciranja, fotografiranja i razgovora sa svjedocima ostaju ključni alati u arsenalu istražitelja prometnih nesreća [5].

Korištenje ovih tradicionalnih metoda zahtijeva iskustvo i vještinu istražitelja kako bi se osigurala točnost prikupljenih podataka i njihova korisnost za daljnju analizu i rekonstrukciju nesreće. Iako se danas sve više koriste napredne tehnologije, tradicionalne metode i dalje igraju važnu ulogu u početnim fazama istraživanja i mogu biti ključne za razumijevanje uzroka i dinamike prometnih nesreća.

4.2. Napredne tehnologije u očevidu

Napredne tehnologije značajno su unaprijedile postupke očevida prometnih nesreća, donoseći preciznost, brzinu i pouzdanost u analizu nesreća. Napredne tehnologije očevida u kontekstu ovog istraživanja podrazumijevaju tehnologije poput primjene različitih suvremenih uređaja temeljenih na senzorima, fotogrametrije, video snimkama, 3D laserskog skeniranja, bespilotnih letjelica te računalnih simulacija. Ove tehnologije omogućuju istražiteljima prikupljanje točnih i detaljnih podataka o mjestu nesreće, što pomaže u stvaranju cjelovitih i preciznih rekonstrukcija događaja.

Fotogrametrija koristi digitalne fotografije za stvaranje trodimenzionalnih modela mjesta nesreće. Ova metoda omogućuje istražiteljima da s velike udaljenosti snime mjesto nesreće te kasnije analiziraju fotografije kako bi dobili točne mjere i prikaze. 3D lasersko skeniranje koristi se za brzo i precizno mapiranje mjesta nesreće. Laserski skeneri stvaraju oblake točaka koji se mogu koristiti za izradu detaljnih 3D modela, pružajući istražiteljima mogućnost analize iz različitih perspektiva i mjerenja s visokom točnošću [6,7].

Računalna simulacija je još jedan ključni alat u modernim istraživanjima prometnih nesreća. Koristeći podatke prikupljene s mjesta nesreće, softverski alati kao što su *"PC Crash"* ili *„Virtual Crash“* mogu simulirati događaje koji su doveli do nesreće. Ove simulacije mogu pomoći istražiteljima da razumiju dinamiku nesreće, uključujući brzine vozila, putanje kretanja, te međusobne interakcije između sudionika nesreće [6]. Navedeni računalni programi nisu direktno namijenjeni za obavljanje očevida ali značajno pomažu u kasnijoj analizi tih tragova.

Dronovi se sve više koriste za prikupljanje podataka s mjesta nesreće. Opremljeni visokokvalitetnim kamerama i senzorima, dronovi mogu brzo snimiti mjesto nesreće iz zraka, pružajući pregled koji je teško postići sa zemlje. Ove slike mogu biti korisne za dokumentiranje mjesta nesreće, identifikaciju tragova kočenja, pozicioniranje vozila i drugih ključnih elemenata [6].

Napredne tehnologije također uključuju korištenje senzora i telemetrijskih podataka iz vozila pomoću *"Event Data Recorder"* (EDR-a). Moderni automobili opremljeni su različitim senzorima koji bilježe podatke o vožnji, uključujući brzinu, ubrzanje, kočenje i ponašanje vozača. Ovi podaci mogu biti izuzetno korisni za razumijevanje uzroka nesreće i ponašanja sudionika u trenutku nesreće [6].

Upotreba naprednih tehnologija u očevidu prometnih nesreća ne samo da poboljšava točnost i pouzdanost analiza, već također omogućuje brže donošenje zaključaka. To je posebno važno za hitne slučajeve gdje je potrebno brzo osigurati dokaze i nastaviti s normalnim prometom. Integracija ovih tehnologija u standardne procedure istraživanja prometnih nesreća predstavlja značajan korak naprijed u forenzičkim znanostima i prometnoj sigurnosti.

2.1.3. Primjena video snimaka i EDR podataka

Primjena video snimaka i podataka iz elektroničkih uređaja za snimanje podataka (EDR) predstavlja ključni korak u modernoj analizi prometnih nesreća. Video snimke, bilo iz nadzornih kamera, kamera ugrađenih u vozila ili mobilnih uređaja, pružaju vizualni zapis događaja koji se mogu koristiti za analizu dinamike nesreće. Ove snimke omogućuju istražiteljima da vide točan trenutak sudara, reakcije vozača i putnika, te interakcije između vozila i drugih objekata ili sudionika u prometu.

EDR podaci, poznati i kao "crne kutije" vozila, bilježe tehničke informacije o vozilu u trenutku nesreće. Ovi uređaji prikupljaju podatke kao što su brzina vozila, položaj papučice gasa, aktivnost kočnica, kut upravljača i aktivacija sigurnosnih sustava. Kombinacija ovih podataka s video snimkama omogućuje sveobuhvatnu analizu koja može razjasniti uzroke nesreće i pružiti ključne dokaze za pravne i osiguravateljeve postupke [8].

Korištenje CCTV podataka u analizi stvarnih prometnih nesreća sve je češće u praksi. Ovaj pristup omogućuje prikupljanje video zapisa iz urbanih područja gdje su kamere često postavljene na prometnicama, raskrižjima i drugim kritičnim lokacijama. Video snimke iz ovih izvora mogu pružiti dodatne perspektive koje nisu dostupne iz vozila uključenih u nesreću.

Integracija video snimaka i EDR podataka također omogućuje preciznu rekonstrukciju događaja. Softverski alati za analizu mogu sinkronizirati video snimke s EDR podacima, omogućujući istražiteljima da usporede vizualne dokaze s tehničkim podacima. Ova metoda se pokazala izuzetno korisnom u složenim slučajevima gdje su uzroci nesreće nejasni ili kada postoje sporovi oko odgovornosti [8].

Prema istraživanjima, kombinacija video snimaka i EDR podataka značajno poboljšava točnost i pouzdanost analiza prometnih nesreća. Ovaj integrirani pristup omogućuje detaljnije i vjerodostojnije rekonstrukcije, što je ključno za pravne postupke i donošenje odluka o poboljšanjima sigurnosti na cestama.

2.1.4. Lasersko skeniranje

Lasersko skeniranje omogućuje stvaranje detaljnih 3D modela mjesta nesreće. Laserski skeneri, poput "*Leica RTC360*" (prikazano slikom 6), mogu

snimiti milijune točkica u sekundi, stvarajući precizne 3D prikaze koji prikazuju sve detalje scene, uključujući tragove kočenja, deformacije vozila i druge ključne elemente. Ovi 3D modeli omogućuju istražiteljima da analiziraju mjesto nesreće iz bilo kojeg ugla i u bilo kojem trenutku, što je posebno korisno za sudske procese i edukaciju. Lasersko skeniranje također omogućuje preciznu dokumentaciju promjena na mjestu nesreće, što može biti ključno za kasniju analizu [9].



Slika 6. "Leica RTC360" [9]

Kombinacija ovih tehnologija donosi sveobuhvatan pristup istraživanju prometnih nesreća. Video snimci pružaju vizualni kontekst, EDR podaci donose precizne tehničke informacije, a lasersko skeniranje omogućuje stvaranje trodimenzionalnih modela mjesta nesreće. Zajedno, ove tehnologije omogućuju istražiteljima da preciznije utvrde uzroke nesreća, identificiraju odgovorne strane i predlože mjere za sprječavanje budućih incidenata.

Ovakav integrirani pristup ne samo da poboljšava točnost i učinkovitost istraga, već također omogućuje bolje razumijevanje dinamike nesreća i ponašanja sudionika. To je ključ za unaprjeđenje sigurnosti na cestama i smanjenje broja prometnih nesreća u budućnosti. Na primjer, analize koje koriste ove tehnologije mogu identificirati specifične obrasce ponašanja koji doprinose nesrećama, poput učestalosti vozača koji koriste mobilne telefone dok voze, što može dovesti do ciljane prevencije i edukacije [9].

Integracija ovih naprednih metoda također omogućuje pravovremenu reakciju i bolje upravljanje mjestom nesreće. Brzo prikupljanje i analiza podataka mogu pomoći u identificiranju potencijalnih opasnosti na cestama i implementaciji korektivnih mjera. Nadalje, podaci prikupljeni ovim metodama mogu se koristiti za razvoj inteligentnih transportnih sustava kao i naprednih sustava za podršku vozaču pri upravljanju vozila (ADAS sustavi) koji mogu predvidjeti, spriječiti ili umanjiti posljedice nesreće.

2.1.5. Fotogrametrija, rektifikacija i računalne simulacije

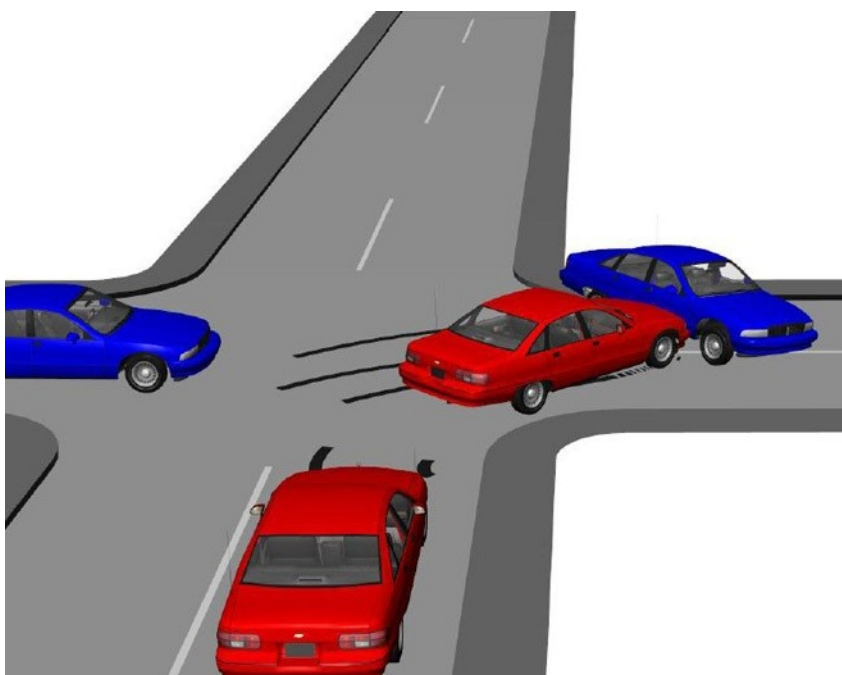
Fotogrametrija i računalne simulacije igraju ključne uloge u modernim istraživanjima prometnih nesreća, omogućujući precizne rekonstrukcije i analize događaja. Korištenje naprednih aplikacija poput "PC-Crash", „PC Rect“ i "Agisoft Metashape" dodatno poboljšava točnost i učinkovitost ovih metoda.

Fotogrametrija je tehnika koja koristi fotografije za mjerenje i mapiranje objekata i prostora. U kontekstu prometnih nesreća, fotogrametrija omogućuje stvaranje detaljnih trodimenzionalnih modela mjesta nesreće pomoću fotografija snimljenih s različitih uglova. Primjena fotogrametrije u procjeni deformacije vozila nakon sudara prikazano je slikom 7. Ova metoda omogućuje istražiteljima da precizno rekonstruiraju mjesto nesreće i analiziraju položaj i oblik tragova kočenja, oštećenja vozila i drugih ključnih elemenata. Fotogrametrija je posebno korisna jer omogućuje brzo i relativno jednostavno prikupljanje podataka na mjestu nesreće, što je ključno za očuvanje dokaza koji se mogu promijeniti ili nestati s vremenom.



Slika 7. Primjena fotogrametrije u procjeni deformacije vozila [10]

"PC-Crash" je jedna od najpopularnijih aplikacija za računalne simulacije prometnih nesreća. Ova aplikacija omogućuje istražiteljima da simuliraju sudar vozila i analiziraju dinamiku nesreće. "PC-Crash", prikazan slikom 8, koristi fizičke modele za simulaciju kretanja vozila prije, tijekom i nakon sudara, uzimajući u obzir faktore poput brzine, težine vozila, uvjeta na cesti i drugih relevantnih parametara. Korištenjem "PC-Crash-a", istražitelji mogu testirati različite scenarije i hipoteze, te identificirati uzroke nesreće i faktore koji su doprinijeli njenom nastanku. Ova aplikacija je također korisna za edukaciju i obuku novih istražitelja, omogućujući im da se upoznaju s različitim tipovima sudara i njihovim karakteristikama [11].

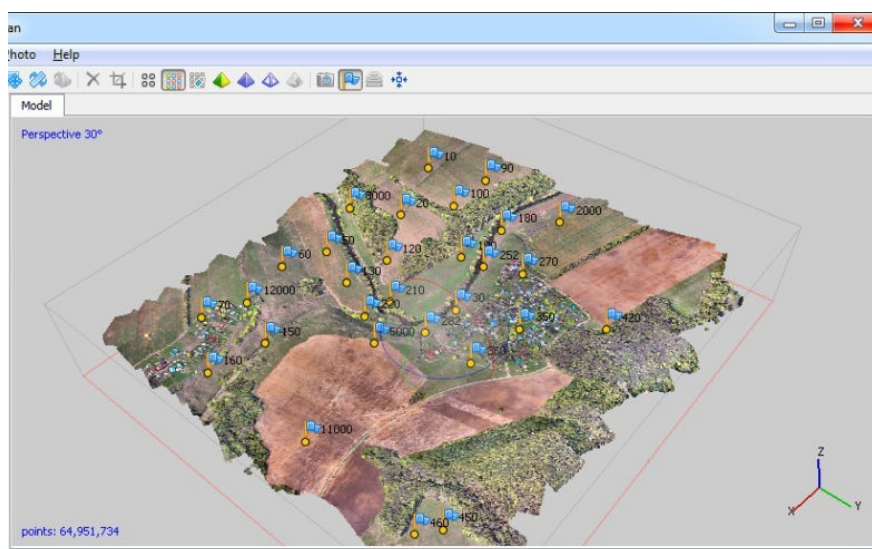


Slika 8. Prikaz "PC - Crash" aplikacije [11]

"PC-Rect" je moćan alat za transformaciju kosih fotografija i videozapisa prometnih nesreća u skalirane planove. Softver podržava različite formate bitmapa za uvoz i izvoz slika te uključuje funkcionalnosti za povezivanje više slika pomoću zajedničkih referentnih točaka. "PC-Rect" također kompenzira izobličenje leće i vrši izračune luminancije s kalibriranim kamerama. Uz to, nudi značajke za izradu panoramskih slika i rektifikaciju video materijala. Softver dolazi s programom za crtanje detaljnih skica cesta i opisa mjesta nesreće, poboljšavajući točnost i učinkovitost istraživanja prometnih nesreća [12].

"Agisoft Metashape" je još jedan moćan alat dostupan istražitelja prometnih nesreća, specijalizirana za fotogrametrijsku obradu. Ova aplikacija omogućuje

stvaranje visokokvalitetnih 3D modela iz fotografija snimljenih na mjestu nesreće. "Agisoft Metashape" (slika 9) koristi napredne algoritme za obradu slika i izradu preciznih 3D modela, koji se mogu koristiti za detaljnu analizu i vizualizaciju mjesta nesreće. Ovi modeli omogućuju istražiteljima da analiziraju mjesto nesreće iz bilo kojeg ugla i u bilo kojem trenutku, pružajući bogatstvo informacija koje su ključne za razumijevanje dinamike sudara [13].



Slika 9. Prikaz izgleda "Agisoft Metashape" aplikacije [14]

Integracija fotogrametrije i računalnih simulacija donosi brojne prednosti u istraživanju prometnih nesreća. Prvo, omogućuje preciznu dokumentaciju mjesta nesreće i svih relevantnih tragova i oštećenja, što je ključno za naknadne analize i sudske procese. Drugo, omogućuje istražiteljima da testiraju različite scenarije i hipoteze, čime se povećava točnost i pouzdanost njihovih nalaza. Treće, omogućuje vizualizaciju mjesta nesreće i dinamike sudara na način koji je lako razumljiv i koji može biti koristan za edukaciju, obuku i sudske procese.

Fotogrametrija i računalne simulacije također omogućuju brže i učinkovitije istraživanje nesreća. Tradicionalne metode, koje često uključuju ručno mjerenje i crtanje skica, mogu biti dugotrajne i sklone pogreškama. Nasuprot tome, moderne tehnologije omogućuju brzo prikupljanje i analizu podataka, čime se skraćuje vrijeme potrebno za završetak istrage i povećava točnost nalaza. Osim toga, digitalni modeli i simulacije mogu se lako dijeliti i analizirati od strane više istražitelja i stručnjaka, što omogućuje suradnju i razmjenu znanja.

U konačnici, korištenje fotogrametrije i računalnih simulacija predstavlja značajan napredak u istraživanju prometnih nesreća. Ove tehnologije omogućuju

precizniju, bržu i učinkovitiju analizu nesreća, što doprinosi boljem razumijevanju njihovih uzroka i faktorima koji na njih utječu. To, pak, može dovesti do poboljšanja sigurnosti na cestama i smanjenja broja nesreća u budućnosti. Integracija naprednih aplikacija poput "PC-Crash-a", „PC Recta“ i "Agisoft Metashape-a" dodatno poboljšava ove procese, pružajući istražiteljima moćne alate za analizu i rekonstrukciju prometnih nesreća.

2.1.6. Беспilotne letjelice

UAV ¹bespilotne letjelice, odnosno dronovi, imaju sve značajniju ulogu u obavljanju očevida prometnih nesreća zahvaljujući svojoj sposobnosti da značajno unaprijede brzinu, točnost i sigurnost u tom procesu.

Prvo i osnovno, dronovi ubrzavaju postupak prikupljanja podataka na mjestu nesreće. Tradicionalne metode rekonstrukcije nesreća, poput mjernih traka ili čak laserskih skenera, mogu trajati nekoliko sati. S druge strane, dronovi mogu mapirati mjesto nesreće za samo 5 do 20 minuta, ovisno o složenosti scene. To omogućava brže otvaranje prometnica, smanjujući tako mogućnost sekundarnih nesreća koje se mogu dogoditi zbog zastoja u prometu [14,15]. Izgled беспilotne letjelice prikazan je na slici 10.



Slika 10. Беспilotna letjelica "DJI mini 4 Pro Fly More Combo (DJI RC 2)"

Drugi važan aspekt je točnost prikupljenih podataka. Dronovi koriste napredne optičke sustave i softver za fotogrametriju kako bi stvorili trodimenzionalne modele mjesta nesreće s visokom preciznošću. Ovi modeli

¹ UAV (eng. *Unmanned Aerial Vehicle*) – naziv za беспilotne letjelice ili dronove često korišten u engleskom govornom području.

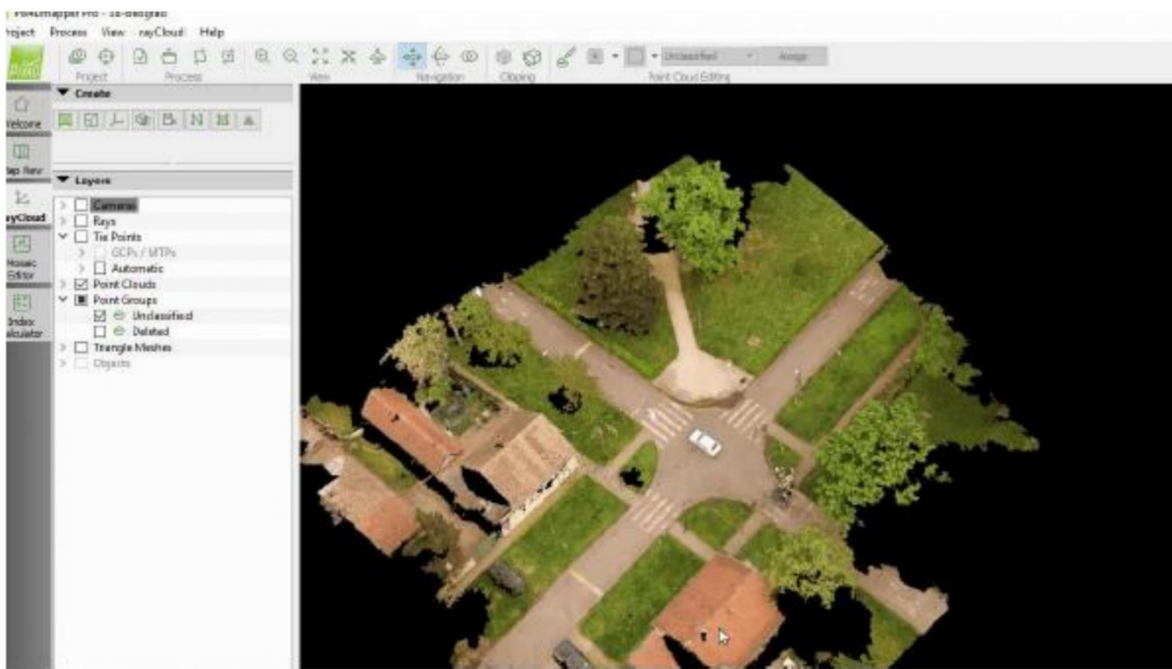
omogućuju istražiteljima da kasnije analiziraju scenu iz različitih kutova, mjere udaljenosti i identificiraju ključne dokaze koji mogu biti presudni za određivanje uzroka nesreće i odgovornosti [17].

Sigurnost je još jedan ključan aspekt gdje dronovi donose značajne prednosti. Korištenje dronova smanjuje vrijeme koje istražitelji provode na prometnim cestama, čime se smanjuje njihova izloženost riziku od dodatnih nesreća. Osim toga, brže prikupljanje podataka smanjuje potrebu za dugotrajnim zatvaranjem prometnica, što također povećava sigurnost drugih sudionika u prometu [15,17].

Dronovi također omogućuju stvaranje vizualno uvjerljivih dokaza koji se mogu koristiti na sudu. Trodimenzionalni modeli i detaljne ortofoto karte koje dronovi mogu generirati pružaju puno jasniji prikaz mjesta nesreće u usporedbi s tradicionalnim dvodimenzionalnim crtežima. Ovo može biti od velike koristi za osiguravajuće kuće i pravne timove prilikom procjene zahtjeva ili prezentiranja slučajeva na sudu [16,17].

Jedna od najvećih prednosti korištenja UAV bespilotnih letjelica u rekonstrukciji prometnih nesreća je brzina prikupljanja podataka. Tradicionalne metode, poput mjerenja i fotografiranja sa zemlje, zahtijevaju puno vremena i rada, dok dronovi mogu brzo i efikasno skenirati cijelu scenu nesreće iz zraka. Na primjer, *"DJI Phantom 4 Pro"*, opremljen naprednim sustavima za snimanje i navigaciju, može skenirati scenu u manje od deset minuta, prikupljajući precizne podatke koji se kasnije mogu koristiti za izradu 3D modela i detaljnih ortomozaika.

Integracija UAV bespilotnih letjelica s naprednim softverom za mapiranje kao što su *"DroneDeploy"* i *"Pix4Dmapper Pro"* omogućava stvaranje visoko preciznih 3D modela koji pomažu istražiteljima u analizi uzroka nesreće. Ovi modeli pružaju detaljan pregled deformacija vozila, položaja ostataka i drugih ključnih elemenata koji su važni za utvrđivanje uzroka nesreće. Na primjer, policijska uprava u Hartselleu, Alabama, koristi dronove za brzo i precizno dokumentiranje scena prometnih nesreća, što omogućava brže otvaranje prometnica i smanjuje zastoje u prometu [18]. Na slici 11 je prikazano generiranje modela u *"Pix4Dmapper Pro"*.



Slika 11. Generiranje 3D modela u "Pix4D" [18]

Korištenje bespilotnih letjelica također smanjuje rizik za istražitelje. Tradicionalni očevidi često zahtijevaju prisutnost istražitelja na prometnim cestama ili u opasnim uvjetima, što povećava rizik od ozljeda. Dronovi omogućuju prikupljanje podataka iz zraka, čime se smanjuje potreba za prisutnošću istražitelja na terenu. Ovo je posebno važno u slučaju nesreća na autocestama ili u teškim vremenskim uvjetima kada je sigurnost istražitelja ugrožena.

Unatoč brojnim prednostima, postoje određena ograničenja i izazovi u korištenju UAV tehnologije. Jedan od glavnih izazova je ograničena autonomija leta dronova, što može biti problem u slučaju velikih scena nesreća ili dužih istraživanja. Također, vremenski uvjeti poput kiše, snijega ili jakog vjetera mogu utjecati na performanse dronova i kvalitetu prikupljenih podataka. Daljnja istraživanja i razvoj tehnologije trebali bi se fokusirati na poboljšanje autonomije leta i otpornosti na vremenske uvjete kako bi se osigurala pouzdanost UAV sustava u svim uvjetima [18].

Korištenje bespilotnih letjelica također zahtijeva specifičnu obuku i licenciranje operatera. Operateri moraju biti obučeni za upravljanje dronovima i korištenje softvera za analizu podataka, što može predstavljati dodatni trošak i logistički izazov za policijske službe. Međutim, prednosti koje donose UAV sustavi, kao što su smanjenje troškova rada i opreme, jednostavnost korištenja te smanjenje rizika za istražitelje, nadmašuju ove prepreke.

Integracija UAV tehnologije s drugim alatima, poput 3D laserskih skenera (slika 12), dodatno poboljšava kvalitetu prikupljenih podataka. Ovi uređaji mogu raditi zajedno kako bi pružili cjelovit prikaz mjesta nesreće iz različitih perspektiva, što je ključno za sveobuhvatnu analizu. Na primjer, korištenje UAV-a zajedno s "Total Station" uređajima omogućava precizno mjerenje i mapiranje scena nesreće, što je neophodno za točnu rekonstrukciju događaja i utvrđivanje uzroka nesreće [18].



Slika 12. Prikaz 3D skena rekonstrukcije prometne nesreće [10]

Sveukupno, integracija UAV tehnologije u rekonstrukciju prometnih nesreća predstavlja značajan korak naprijed u modernizaciji policijskih istraga. Očekuje se da će daljnji tehnološki napredak, uz adekvatnu obuku i prilagodbu zakonskih okvira, dodatno unaprijediti učinkovitost i preciznost očevida prometnih nesreća. Policijske službe diljem svijeta sve više prepoznaju vrijednost bespilotnih letjelica i nastavljaju ulagati u ovu tehnologiju kako bi osigurale sigurnije i učinkovitije provođenje svojih dužnosti.

Primjerice, šerifov ured u okrugu Tazewell koristi UAV tehnologiju za istraživanje sudara automobila, čime se dodatno potvrđuje korisnost ove tehnologije u policijskim operacijama. Korištenje dronova ne samo da poboljšava efikasnost prikupljanja podataka, već i omogućava stvaranje detaljnih i preciznih izvještaja koji su ključni za pravne postupke i analize koje mogu pomoći u utvrđivanju odgovornosti i sprječavanju budućih nesreća [16].

Za budućnost, očekuje se da će napredak u tehnologiji senzora, kao što su termalne kamere i LiDAR, prikazan na slici 13, dodatno poboljšati mogućnosti dronova u rekonstrukciji prometnih nesreća. Ovi senzori omogućuju prikupljanje podataka u uvjetima niske vidljivosti i pružaju dodatne informacije koje nisu dostupne kroz standardne optičke kamere. Termalne kamere mogu otkriti tragove topline koji mogu ukazivati na nedavne aktivnosti ili prisutnost ljudi, dok LiDAR omogućava stvaranje visokopreciznih 3D modela scene nesreće, što dodatno poboljšava točnost i detaljnost prikupljenih podataka [18].



Slika 13. Prikaz LiDAR kamere [19]

Termalne kamere mogu otkriti tragove topline koji mogu ukazivati na nedavne aktivnosti ili prisutnost ljudi, dok LiDAR omogućava stvaranje visokopreciznih 3D modela scene nesreće, prikazano na slici 14 što dodatno poboljšava točnost i detaljnost prikupljenih podataka [18].



Slika 14. Prikaz 3D modela izrađen pomoću LiDAR kamere [10]

Korištenje bespilotnih letjelica u rekonstrukciji prometnih nesreća pomaže istražiteljima da preciznije utvrde okolnosti nesreće, pridonoseći tako poboljšanju sigurnosti na cestama i pravdi u prometnim nesrećama. Integracija ove tehnologije u svakodnevne operacije policijskih službi predstavlja značajan korak naprijed u modernizaciji i unapređenju učinkovitosti policijskih istraga, čime se osigurava brža i točnija rekonstrukcija prometnih nesreća te bolji ishodi za sve sudionike u prometu.

2.1.7. Uređaji za mjerenje temeljem GPS sustava

Korištenje GPS uređaja u obavljanju očevida prometnih nesreća pruža značajne prednosti za točnu i učinkovitu rekonstrukciju događaja. GPS tehnologija omogućuje precizno prikupljanje podataka o lokaciji, brzini, smjeru i kretanju vozila, što je ključno za utvrđivanje uzroka nesreće i odgovornosti.

GPS uređaji bilježe ključne informacije kao što su trenutna brzina vozila u trenutku sudara, naglo kočenje, skretanje i drugi relevantni podaci. Ove informacije mogu biti od vitalne važnosti u pravnim postupcima jer omogućuju točnu rekonstrukciju događaja i mogu pomoći u dokazivanju ili odbijanju tvrdnji o nesavjesnoj vožnji. Na primjer, GPS "fleet tracking" sustavi mogu pružiti dokaze o

povijesti vozačevih navika, poput brzine i načina vožnje, što može biti ključno u sudskim sporovima [20].

Jedan od primjera GPS uređaja koji se koristi u ovim situacijama je "*LiveViewGPS*", koji omogućuje praćenje vozila u stvarnom vremenu i pruža detaljne izvještaje o kretanju vozila, što je iznimno korisno za analizu ponašanja vozača i okolnosti nesreće. Također, uređaji poput "*Leica Geosystems GS18*" i "*GNSS RTK Rover*" nude visoku preciznost u mapiranju i dokumentiranju nesreća, čak i u teškim uvjetima [20].

U praksi, policija može koristiti GPS sustave za prikupljanje podataka bez potrebe da stalno bude prisutna na mjestu događaja, što omogućuje učinkovitije i brže prikupljanje dokaza. Na primjer, GPS sustavi mogu pomoći u identificiranju točnog mjesta nesreće i prikupljanju relevantnih podataka unutar određenog radijusa, što omogućuje detaljniju analizu nesreće i pomaže u rekonstrukciji događaja [21].

Sve u svemu, integracija GPS tehnologije u očevid prometnih nesreća znatno poboljšava točnost i učinkovitost rekonstrukcije događaja, pružajući ključne informacije za pravne postupke i analize koje mogu pomoći u utvrđivanju odgovornosti i sprječavanju budućih nesreća.

2.1.8. Uređaj za mjerenje na temelju senzora pokreta

Uređaj za mjerenje na temelju senzora pokreta u posljednjih nekoliko godina postaju sve zastupljeniji u djelatnostima koje zahtijevaju različite vrste mjerenja. Primjer takvog uređaja je "*Moasure One Pro*" (slika 15) uređaj koji predstavlja inovativni alat za mjerenje koristeći tehnologiju mjerenja na temelju kretanja. Ovaj uređaj, koji se može držati u ruci ili staviti na produžni štapić, koristi napredne inercijske senzore kako bi zabilježio promjene u svom položaju dok se pomiče od jedne točke do druge, pružajući točne i detaljne 2D i 3D mjere. Ova tehnologija omogućuje precizno mjerenje složenih oblika i terena, što ga čini izuzetno korisnim u raznim industrijama, uključujući građevinu, krajobrazno uređenje, i forenziku.

U kontekstu obavljanja očevida prometnih nesreća, "*Moasure One Pro*" može značajno unaprijediti učinkovitost i preciznost prikupljanja podataka. Tradicionalne metode mjerenja na mjestima nesreća često su sporije i podložne

greškama. "Moasure One Pro" omogućuje brzo i precizno snimanje mjesta nesreće, uključujući duljine, površine, promjene u elevaciji i složene oblike objekata ili terena. Ovo se postiže pomoću uređaja koji snima podatke dok se kreće kroz prostor, pružajući automatski generirane 2D i 3D modele i mjere [22].



Slika 15. "Moasure One Pro" uređaj

Korištenjem "Moasure One Pro" uređaja, istražitelji mogu digitalno zabilježiti mjesto nesreće, omogućujući kasnije detaljnu analizu i pregled podataka. Mjerenja se mogu direktno eksportirati u različite formate kao što su PDF, CSV ili DXF, što omogućava integraciju s CAD softverima poput "AutoCAD-a" ili "SketchUp-a" kao i sa programima "PC – Crash" i "Virtual Crash", čime se dodatno olakšava izrada detaljnih izvještaja i rekonstrukcija nesreća [22].

Prednosti korištenja "Moasure One Pro" u istraživanju prometnih nesreća uključuju smanjenje vremena potrebnog za prikupljanje podataka, povećanje preciznosti mjerenja, te mogućnost stvaranja vizualnih i analitičkih podloga za daljnje istrage. Također, ovaj alat omogućuje istražiteljima da mjere mjesta nesreće bez ometanja prometa ili dodatnog rizika za sigurnost na terenu, jer mogu brzo i jednostavno prikupiti potrebne podatke hodajući oko ili kroz mjesto nesreće.

5. USPOREDNA ANALIZA OBAVLJANJA OČEVIDA RAZLIČITIM MJERNIM UREĐAJIMA

Usporedna analiza obavljanja očevida različitim mjernim uređajima predstavlja važan korak u modernizaciji i unapređenju metodologija korištenih u preciznom mjerenju mjesta nesreće. Tradicionalna mjerna kolica dugo su bila standardni alat za prikupljanje prostornih podataka tijekom očevida prometnih nesreća i drugih incidentnih scena. Ova kolica, opremljena mehaničkim ili digitalnim mjernim sustavima, omogućuju korisnicima da ručno izmjere udaljenosti i unesu podatke, što zahtijeva značajno vrijeme i trud. Međutim, unatoč svojoj pouzdanosti, tradicionalna mjerna kolica suočavaju se s ograničenjima u točnosti i efikasnosti, osobito u složenim ili teško dostupnim područjima.

S druge strane, uređaji za mjerenje na temelju senzora pokreta poput *"Moasure One Pro"* uređaja predstavljaju inovativno rješenje koje koristi napredne senzore za pokret – uključujući akcelerometre, žiroskope i magnetometre – za mjerenje udaljenosti, kuteva i promjena u položaju. Ovaj uređaj omogućuje korisnicima da prikupljaju podatke brzo i s visokom razinom preciznosti, bez potrebe za direktnim vidom između početne i krajnje točke mjerenja. *"Moasure One Pro"* je također posebno koristan u zatvorenim prostorima ili područjima s preprekama, gdje tradicionalna kolica mogu biti nepraktična ili nemoguća za upotrebu.

Sukladno navedenom, za potrebe ovog istraživanja koristiti će se dva različita pristupa (tehnologije), klasična mjerna kolica i suvremeni uređaj za mjerenje na temelju senzora pokreta - *"Moasure One Pro"*. Kroz usporednu analizu ova dva pristupa, može se procijeniti prednosti i nedostaci svakog uređaja, uzimajući u obzir čimbenike kao što su točnost, brzina, jednostavnost upotrebe i fleksibilnost u različitim uvjetima terena. Ova analiza ne samo da će pružiti uvid u učinkovitost modernih mjernih tehnologija u odnosu na tradicionalne metode, već će također pomoći u identifikaciji najboljih praksi za prikupljanje prostornih podataka tijekom očevida. Kroz ovu usporedbu, cilj je unaprijediti postupke mjerenja i osigurati da istražitelji imaju pristup najpouzdanijim i najučinkovitijim alatima za svoj rad.

5.1. Metodologija istraživanja obavljanja očevida različitim mjernim uređajima

U cilju usporedbe različitih mjernih uređaja za obavljanje očevida za potrebe ovog istraživanja proveden je „*Crash test*“ dva vozila. Općenito, cilj "*crash testa*" je simulirati različite vrste prometnih nesreća kako bi se analizirali utjecaji na vozilo, njegove putnike i druge sudionike u prometu. Ovi testovi pružaju ključne podatke za dizajn vozila, sigurnosne standarde i regulative te informiraju potrošače o sigurnosnim karakteristikama automobila. "*Crash testovi*" obično uključuju simulacije frontalnih sudara, bočnih sudara, sudara straga i prevrtanja. Na temelju rezultata "*crash testova*", proizvođači automobila mogu unaprijediti dizajn vozila kako bi povećali sigurnost putnika. Standardi kao što su Euro NCAP (*European New Car Assessment Programme*) ili IIHS (*Insurance Institute for Highway Safety*) ocjenjuju sigurnost vozila i pružaju ocjene koje pomažu potrošačima pri izboru sigurnijih automobila.

Za potrebe istraživanja u ovom radu, „*Crash test*“ je korišten kao podloga za obavljanje očevida različitim mjernim uređajima. Nakon provedenog „*Crash test*“-a svi tragovi proizašli iz sudara su fiksirani, analizirani i mjereni različitim uređajima kako bi se utvrdile prednosti i nedostaci pojedinih metoda.

2.1.9. Simulacija sudara ("*Crash test*") vozila

Dana 9. travnja 2024. godine u 12:30 sati u organizaciji Zavoda za prometno -tehnička vještačenja Fakulteta prometnih znanosti na prostoru ZUK Borongaj održana je simulacija tj. "*crash test*" vozila čiji cilj je za potrebe ovog istraživanja bio kreirati stvarne tragove prometne nesreće kako bi se poslije mogao provesti očevid pomoću različitih mjernih uređaja. Test je organiziran prema strogim sigurnosnim standardima, a korišteni su automobili Volkswagen Passat i Kia Rio RS, prikazani na slici 16.

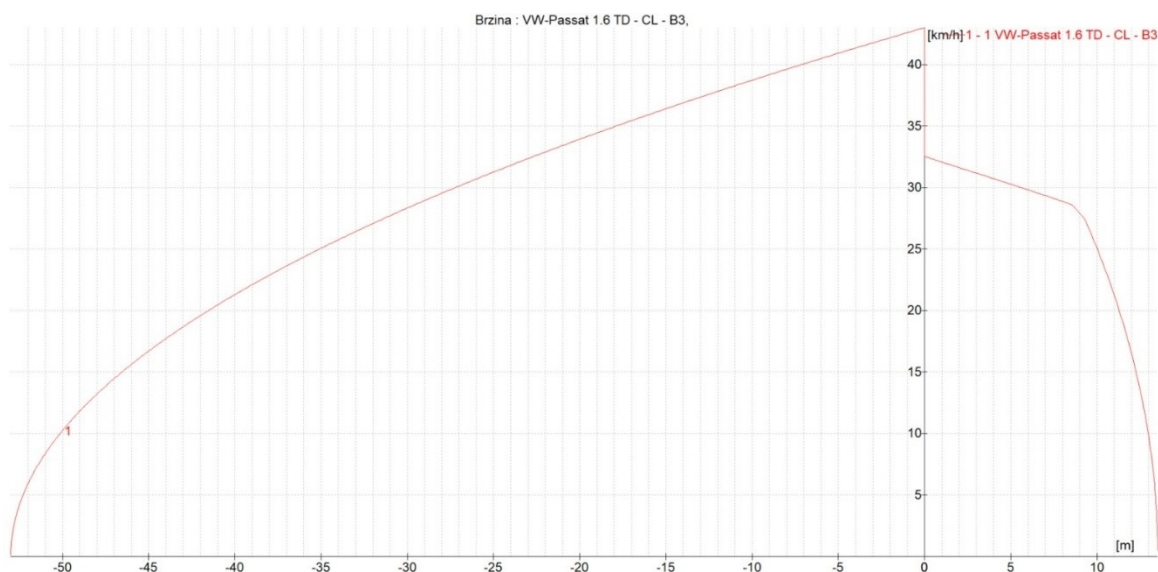


Slika 16. Kia Rio RS i Volkswagen Passat [23]

Priprema za "crash test" počela je detaljnim pregledom oba automobila kako bi se osigurala potrebna zaštitna oprema u vidu sportskog sjedala i sigurnosnog pojasa u tri točke vezanja. Također, vozač koji je upravljao automobilom Volkswagen Passatom imao je na sebi zaštitnu kacigu, rukavice za bolje upravljanje automobilom, štitnike na koljenima i motorističku jaknu radi što veće i bolje sigurnosti. Volkswagen Passat, automobil koji je izazvao sudar, postavljen je na pripremljenu stazu koja omogućava precizno upravljanje brzinom i smjerom kretanja. Kia Rio, automobil koji je bio udaren, postavljen je u točno definiranu poziciju koja simulira realne uvjete prometa, okomito u odnosu na Volkswagen Passat. U sklopu priprema, oba vozila bila su opremljena naprednom tehnologijom za praćenje i analizu sudara. Korišteni su uređaji "VBOX" i "XLMeter". "VBOX" je sofisticirani uređaj za snimanje podataka koji koristi GPS i inercijalne senzore za mjerenje brzine, ubrzanja i promjene položaja vozila u realnom vremenu. "XLMeter" je instrument koji mjeri sile ubrzanja i usporavanja, ključan za razumijevanje dinamike sudara i utjecaja na strukturu vozila. Uz ove uređaje, na automobile su postavljene četiri kamere, koje su snimale sudar iz različitih kutova kako bi se omogućila detaljna analiza deformacija vozila i ponašanja strukture karoserije.

U trenutku početka testa, automobil je počeo ubrzavati vozač od 0 km/h pa sve do trenutka sudara u kojem se kretao 43 km/h prema Kia Rio RS, ciljajući stražnji desni dio automobila. Na slici 17 prikazan je graf promjene brzine Volkswagen Passata iz kojeg se može jasno iščitati njegovo ubrzanje do trenutka udara u Kia Rio RS gdje mu brzina naglo opada sa 43 km/h na 33 km/h te nakon toga usporenje do samog zaustavljanja vozila. Trenutak sudara zabilježile su

kamere postavljene iz više kutova, omogućujući detaljnu analizu deformacija vozila i ponašanja strukture karoserije.



Grafikon 1. Prikaz kretanja i promjene brzine Volkswagen Passata

Pri udaru, stražnji desni dio Kia Rio RS pretrpio je značajna oštećenja. Karoserija je bila ozbiljno deformirana, a stražnja osovina pomaknuta malo prema unutra, što je rezultiralo otvaranjem zračnih jastuka i aktiviranjem sigurnosnih sustava unutar vozila.

Volkswagen Passat, s prednje strane, također je pretrpio određena oštećenja, ali znatno manja u usporedbi s Kia Rio RS. Prednji branik i hauba su se deformirali, no putnička kabina ostala je relativno netaknuta, što je pokazalo dobar nivo zaštite za putnike. Ovaj rezultat naglašava važnost dizajna karoserije i sigurnosnih sustava koji apsorbiraju energiju udarca kako bi zaštitili putnike unutar vozila.

2.1.10. Tragovi vozila nakon "crash testa"

Svi tragovi nastali nakon provedbe „Crash testa“ su detaljno analizirani i fotografirani. Prikaz fotografija sa "crash testa" pruža vizualni uvid u rezultate simuliranih sudara vozila, ističući ključne aspekte kao što su deformacije vozila i njihovo kretanje. Ove fotografije služe kao kritični dokazi u analizi sigurnosti vozila, omogućujući istraživačima da precizno procijene strukturalnu čvrstoću automobila i učinkovitost zaštitnih mjera. Na slici 17 prikazan je završni položaj oba automobila nakon izvođenja "crash testa".



Slika 17. Prikaz završnog položaja automobila nakon obavljenog "crash testa"

Nakon obavljenog "crash testa" pristupilo se obavljanju očevida na način da su obilježeni i označeni svi tragovi koji su nastali. U tablici 1 nalazi se popis svih tragova koji su nastali u prometnoj nesreći u kontroliranim uvjetima.

Tablica 1. Popis nastalih tragova

1. trag	Rasipni materijal Kie Rio RS i tragovi fara Volkswagen Passata
2. trag	Rasipni materijal plastike Volkswagen Passata
3. trag	Plastični dio Volkswagen Passata i tragovi fara Kie Rio RS
4. trag	Tragovi kočenja stražnjeg lijevog pneumatika Kie Rio RS
5. trag	Tragovi kočenja stražnjeg desnog pneumatika Kie Rio RS
6. trag	Deformacija stražnjeg desnog dijela Kie Rio RS
7. trag	Dijelovi farova Kie Rio RS i Volkswagen Passata
8. trag	Rasipni materijal karoserije Kie Rio RS
9. trag	Tragovi razlivene rashladne tekućine Volkswagen Passata
10. trag	Deformacija prednjeg branika i poklopca motora Volkswagen Passata
11. trag	Rasipni materijal prednjeg desnog fara Volkswagen Passata
12. trag	Plastični dio karoserije Volkswagen Passata
13. trag	Plastični dio karoserije Volkswagen Passata
14. trag	Rasipni materijal karoserije Kie Rio RS

Na slici 18 prikazani su 1. i 2. tragovi rasipnog materijala vozila Kia Rio RS koji se nalaze u razmaku od jedan do tri metra udaljenosti od samog automobila i mjesta sudara.



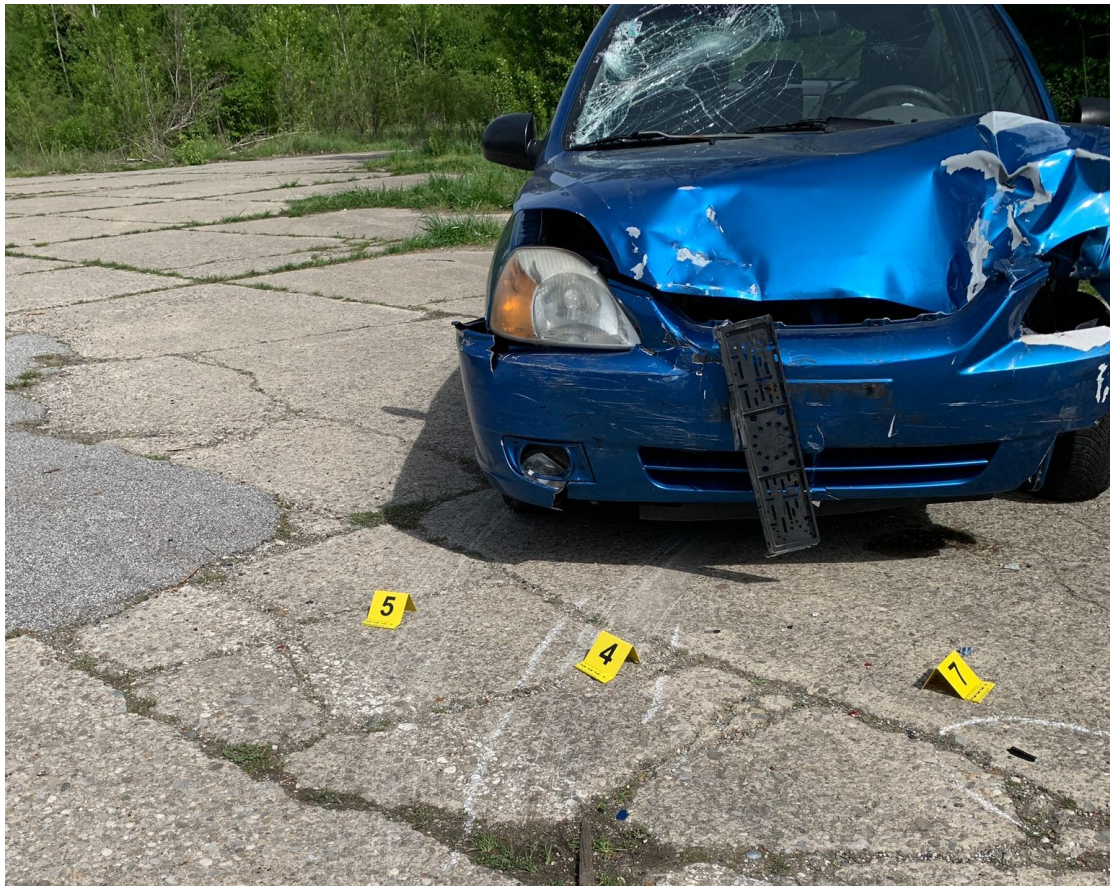
Slika 18. Prikaz rasipnog materijala automobila Kia Rio RS

Na slici 19 prikazano je još rasipnog materijala dijelova karoserije automobila Kia Rio RS kao i dijelova karoserije Volkswagen Passata koji su se odvojili sa prednjeg djela prilikom udara u automobil Kia Rio.



Slika 19. Prikaz rasipnog materijala vozila Kia Rio RS i Volkswagena Passata

Na slici 20 prikazani su tragovi kočenja automobila Kia Rio RS označeni brojevima 4 i 5. Tragovi koji su nastali su zbog ručne kočnice a ne zbog radne kočnice jer je automobil u trenutku sudara bio zaustavljen, a parkirna kočnica (ručna) je bila podignuta.



Slika 20. Prikaz tragova kočenja

Na slici 21 prikazana su zadobivena oštećenja i deformacija na karoseriji automobila Kia Rio RS. Na slici je vidljivo kako je stražnji desni dio branika u potpunosti puknuo te se vidi i deformacija stražnje desne stranice automobila.



Slika 21. Prikaz deformacije bočnog dijela automobila Kia Rio RS

Na slici 22 prikazani su rasipni dijelovi i Kie Rio RS i Volkswagen Passata.



Slika 22. Prikaz rasipnog materijala Kie Rio RS i Volkswagen Passata

Na slici 23 prikazana je deformacija automobila Volkswagen Passat na kojoj se može vidjeti veće oštećenje poklopca motora, prednjeg branika kao i puknuće prednjeg desnog fara u puno manjih dijelova koji su vidljivi na prethodnoj slici.



Slika 23. Prikaz oštećenja i deformacije karoserije Volkswagen Passata

Na slici 24 u obliku traga 9, prikazano je izlivanje rashladne tekućine automobila Volkswagen Passat.



Slika 24. Prikaz prolivene rashladne tekućine automobila Volkswagen Passat

Na slici 25 prikazan je rasipni materijal automobila Volkswagen Passat u obliku tragova 12 i 13.



Slika 25. Prikaz rasipnog materijala automobila Volkswagen Passat

5.2. Mjerenje i komparacija rada tradicionalnog mjernog uređaja i uređaja za mjerenje na temelju senzora pokreta

Komparacija rada tradicionalnog mjernog uređaja i uređaja za mjerenje na temelju senzora pokreta prikazuje razlike između klasičnih metoda i modernih tehnoloških rješenja u obavljanju očevida. Tradicionalni mjerni uređaj poput mjernih kolica dugo se koristi u raznim industrijama, uključujući građevinu, geodeziju i forenziku, dok uređaj na temelju senzora pokreta, poput "Moasure One Pro", predstavlja napredak u preciznosti i praktičnosti mjerenja.

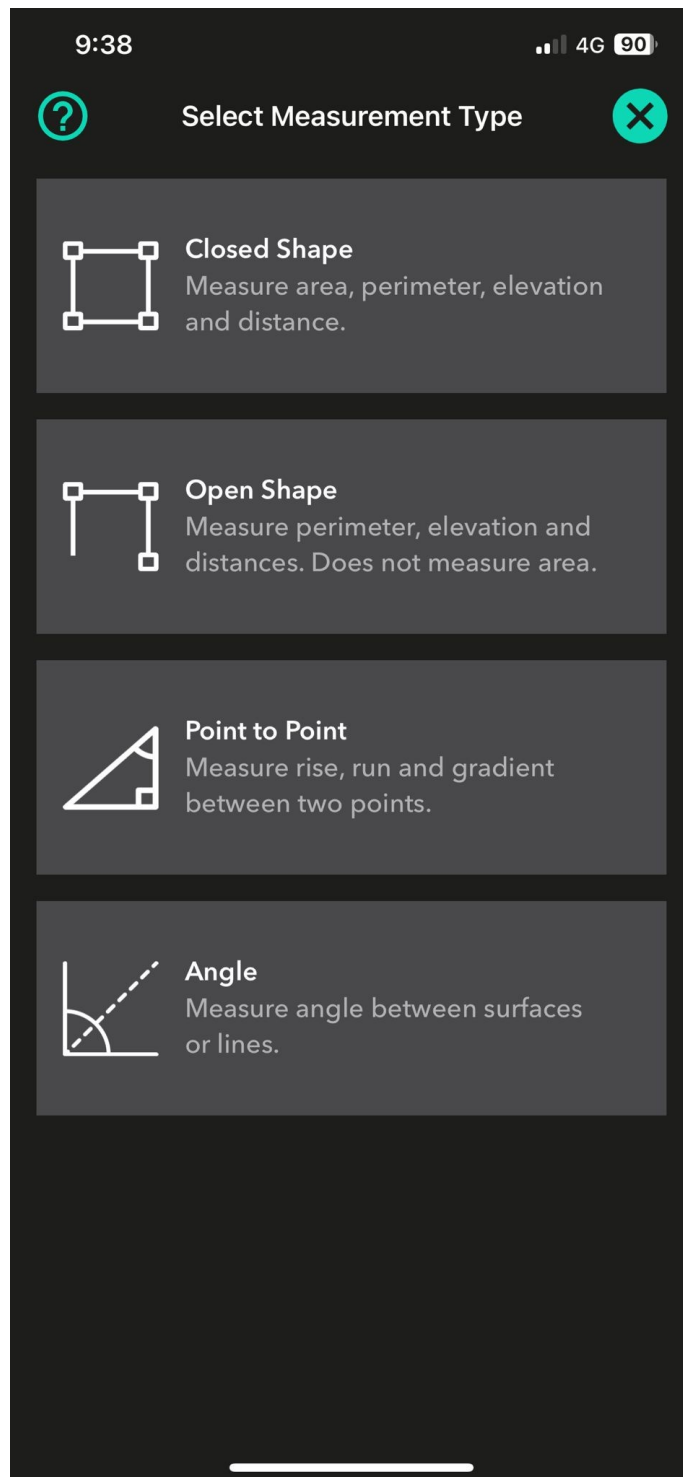
Mjerna kolica, kao tradicionalni uređaj, rade na principu mehaničkog mjerenja udaljenosti. Opremljena su kotačem koji se kotrlja po površini i brojačem koji bilježi broj okretaja kotača, čime se izračunava prijeđena udaljenost (slika 26).



Slika 26. Mjerna kolica za očevid prometnih nesreća [24]

Ova metoda je pouzdana i dugotrajno provjerena, no ima i svoje nedostatke. Prije svega, točnost mjerenja može varirati ovisno o površini po kojoj se kotač kreće. Neravne površine, prepreke i nagibi mogu uzrokovati netočnosti.

Kod rada s uređajem "Moasure" nužno je koristiti aplikaciju koja nudi intuitivno sučelje koje korisnicima omogućuje lako navigiranje i korištenje svih funkcija uređaja "Moasure ONE". U tom smislu prvi korak je povezati uređaj s pametnim telefonom putem Bluetootha i izvršiti početnu kalibraciju. Na slici 27 prikazan je izgled sučelja aplikacije "Moasure".



Slika 27. Prikaz sučelja aplikacije "Moasure"

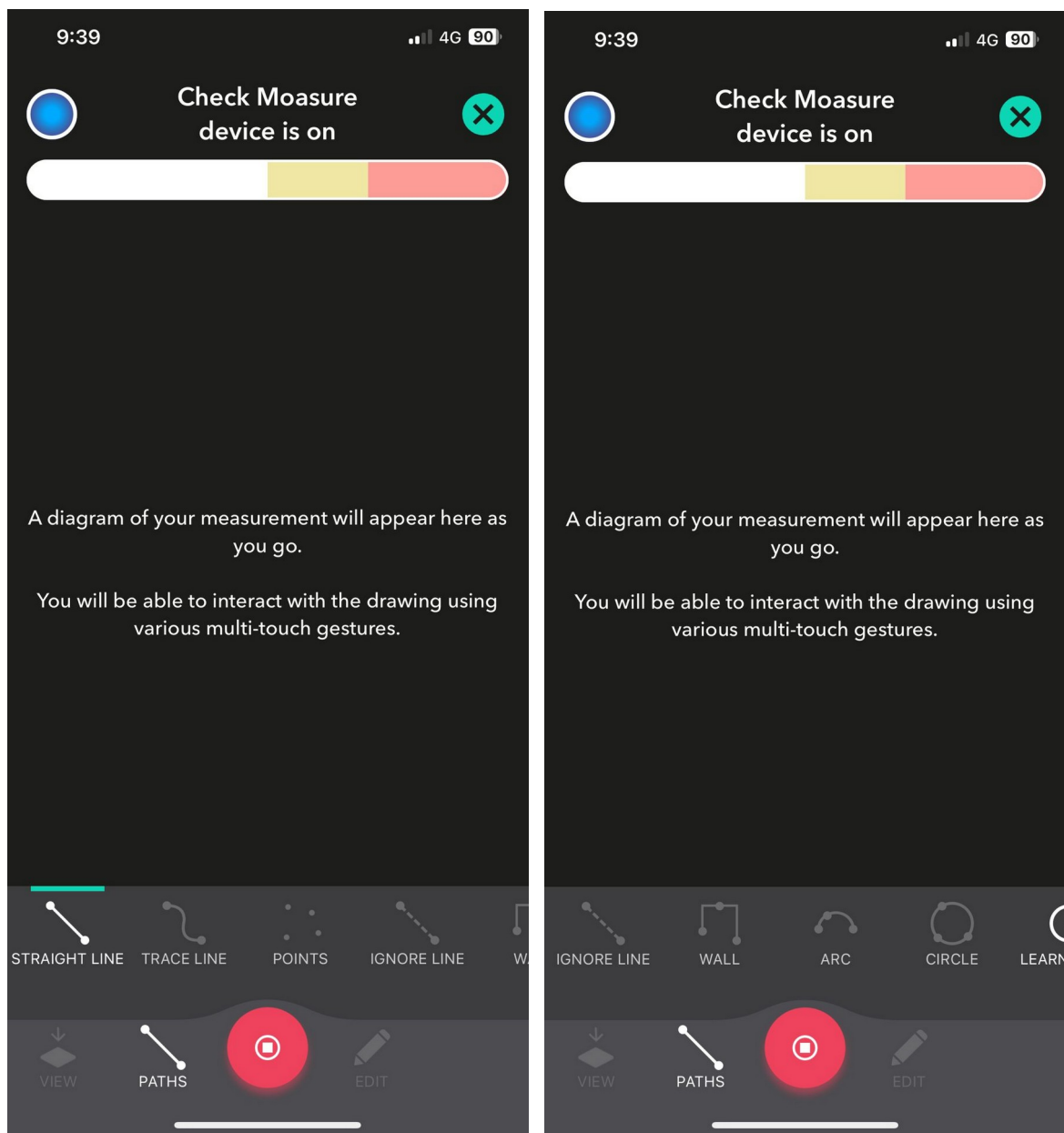
Na početnom ekranu aplikacije nalaze se različite opcije mjerenja: udaljenost, visina, širina, kut, površina, kao i složenija mjerenja poput volumena ili nepravokutnih prostora.

Za mjerenje udaljenosti, odabere se ta opcija u aplikaciji. Postavi se "Moasure ONE" na početnu točku i pritisne gumb za početak mjerenja. Uređaj se

pomiče do krajnje točke bez prekidanja pokreta. Aplikacija koristi senzore pokreta i akcelerometre za precizno mjerenje prijedene udaljenosti, koja će se automatski prikazati na ekranu mobilnog uređaja korisnika.

Ako se želi izmjeriti kut, odabire se opcija mjerenja kuta. Uređaj se postavi na početnu točku kuta i pritisnite gumb za početak mjerenja, a zatim se prenese duž prve linije kuta do vrha, pa nastavi duž druge linije kuta. Aplikacija će izračunati kut u stupnjevima i prikazati rezultat.

Za mjerenje površine, odabire se opcija i postavlja uređaj na početnu točku granice površine. Pritiskom na gumb započinje mjerenje i uređaj se pomiče duž granica površine, vraćajući se na početnu točku kako bi aplikacija mogla izračunati ukupnu površinu. Rezultat će se automatski prikazati na ekranu, a može se pohraniti, izvesti ili podijeliti. Na slici 28 prikazan je drugi izbornik unutar aplikacije "Moasure".



Slika 28. Prikaz izgleda aplikacije "Moasure"

Aplikacija također omogućuje izvođenje složenijih mjerenja. Na primjer, za mjerenje volumena prostora, aplikacija prolazi kroz korake za mjerenje svih potrebnih dimenzija. Svi rezultati mogu se pohraniti unutar aplikacije, organizirati ih po projektima ili ih izvoziti u PDF, DWG ili Excel format za daljnju obradu i analizu.

Nakon uspješno odrađenog "crash testa", pristupilo se prvom mjerenju koje je u ovom slučaju bilo mjerenje sa mjernim kolicima. Prije samog početka mjerenja i označavanja tragova, na mobilnom uređaju se pripremila štoperica za mjerenje vremena potrebnog za obavljanje očevida. Kada se vrijeme pokrenulo, započelo se sa obilježavanjem FTM-a i PTM-a. Za fiksnu točku mjerenja (FTM) kod ručnog

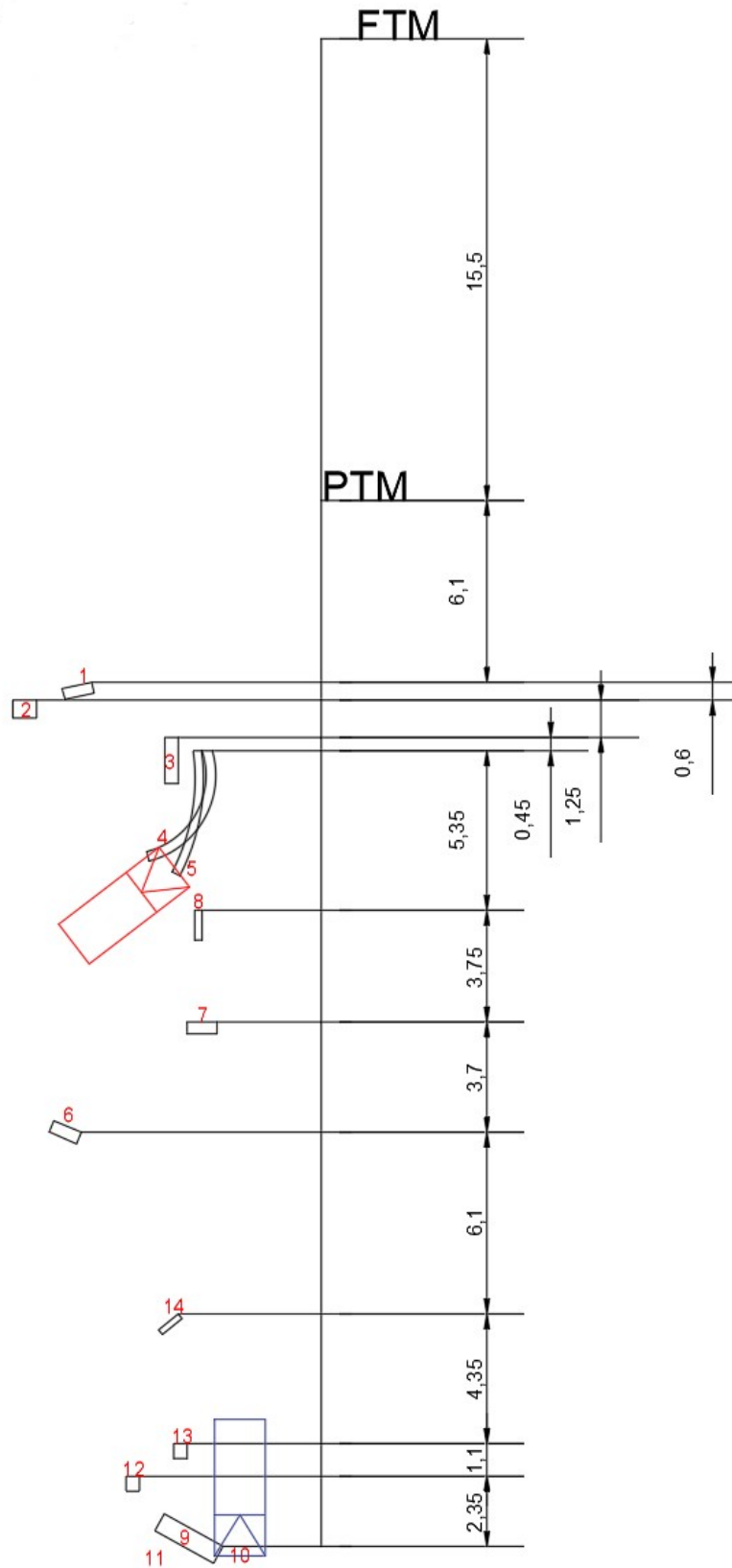
mjerenja kolicima određen je početni stup zaštitne odbojne ograde iz smjera jugozapad, a za početnu točku mjerenja (PTM) uzeta je lokacija 1,2 metara jugoistočno i 15,5 metara sjeveroistočno od FTM-a od koje su vršena sva daljnja mjerenja u smjeru sjeveroistočno. Mjerenje se vršilo metodom položaja vozila sustavom s dvije paralelne točke mjerenja, te se sa mjerenjem udaljenosti svakog traga započelo od početne točke mjerenja i uz svaki taj trag se priložio određeni broj radi lakšeg snalaženja i označavanja svih tragova.

U nastavku je prikazan popis utvrđenih tragova izmjerenih mjernim kolicima s pripadajućim izmjerama:

- Oznaka broj 1 predstavlja rasipni materijal Kie Rio RS i tragove fara Volkswagen Passata koja je pronađena na udaljenosti 6,1m sjeveroistočno i 7,7m jugozapadno od PTM
- Oznaka broj 2 predstavlja rasipni materijal Volkswagen Passata koji je pronađen 6,6m sjeveroistočno i 9,55m jugoistočno od PTM
- Oznaka broj 3 predstavlja plastični dio Volkswagen Passata i tragovi fara Kie Rio RS koji se nalazi 7,85m sjeveroistočno i 4,8m jugoistočno od PTM
- Oznaka broj 4 predstavlja trag kočenja stražnjeg lijevog pneumatika Kie Rio RS koji se nalazi 8,3m sjeveroistočno i 4m jugoistočno od PTM
- Oznaka broj 5 predstavlja trag kočenja stražnjeg desnog pneumatika Kie Rio RS koji se nalazi 8,3m sjeveroistočno i 4,3m jugoistočno od PTM
- Oznaka broj 6 predstavlja deformaciju stražnjeg desnog dijela Kie Rio RS koja se nalazi 21.1m sjeveroistočno i 8,05m jugoistočno od PTM
- Oznaka broj 7 predstavlja dijelove farova Kie Rio RS i Volkswagen Passata koji se nalaze na 17,4m sjeveroistočno i 4m jugoistočno od PTM
- Oznaka 8 predstavlja rasipni materijal karoserije Kie Rio RS koji se nalazi 13,65m sjeveroistočno i 3,5m jugoistočno od PTM

- Oznaka 9 predstavlja tragove razlivene rashladne tekućine Volkswagen Passata koji se nalaze 35m sjeveroistočno i 3,3m jugoistočno od PTM
- Oznaka 10 i 11 predstavljaju deformaciju prednjeg branika, poklopca motora i rasipnog materijala prednjeg desnog fara Volkswagen Passata koji se nalaze 35m sjeveroistočno i 4,3m jugoistočno od PTM
- Oznaka 12 predstavlja plastični dio karoserije Volkswagen Passata koji se nalazi 32,65m sjeveroistočno i 6,1m jugoistočno od PTM
- Oznaka 13 predstavlja plastični dio karoserije Volkswagen Passata koji se nalazi 31,55m sjeveroistočno i 4,5m jugoistočno od PTM
- Oznaka 14 predstavlja rasipni materijal karoserije Kie Rio RS koji se nalazi 27,2m sjeveroistočno i 4,8m jugoistočno od PTM

Paralelno uz označavanje tragova brojevima, označavanje istih kredama, potrebno je bilo i skicirati svaki trag na papiru sa navedenim mjerama (slika 29). Nakon što su se izmjerili, označili i skicirali svi tragovi koji su uočeni, završilo se sa mjerenjem te je zaustavljena štoperica za mjerenje vremena.



Slika 29. Skica sa svim označenim tragovima obrađena u AutoCad-u

Iduće mjerenje je bilo mjerenje sa "Moasure One Pro" uređajem. Na samom početku, kao i kod mjerenja mjernim kolicima, pripremila se štoperica na mobilnom uređaju i započelo se sa mjerenjem vremena. Za razliku od ručnog mjerenja, kod mjerenja sa "Moasure One Pro" uređajem nije bilo potrebno označavati FTM i PTM oznake pri obavljanju očevida. Prva potrebna radnja je stoga bila pokretanje "Moasure" aplikacija u kojoj se odabrala vrsta mjerenja, u ovom slučaju je to bilo mjerenje zatvorenog oblika. Nakon toga, pristupilo se mjerenju površine na kojoj se održao "crash test" na način da su se pronašle i odredile minimalno 2 referentne točke koje bi se mogle vidjeti i uočiti i preko GPS aplikacija kao što su "Google Maps", "OpenStreetMap" itd. Na taj način se mjesto same nesreće može plasirati unutar te izmjerene površine. Nakon toga se započelo sa mjerenjem i označavanjem tragova na način da se svaki trag zaokružio opcijom ravne linije te se dobila sama površina rasipnog materijala. Nakon označavanja prva tri traga, kod četvrtog traga, koji su u ovom slučaju bili neravni tragovi kočenja, unutar aplikacije izabrana se opcija mjerenja luka te se postavio uređaj na početku traga kočenja. Nakon toga, uređaj se pozicionirao još jednom u sredini traga kočenja i za kraj pozicionirao se na završetku traga kočenja. Kada su se pozicionirale te tri točke, aplikacija je izračunala kut i duljinu traga te ju odmah prikazala na ekranu mobilnog uređaja. Isti princip se ponovio i za peti trag koji je u ovom slučaju također trag kočenja. Istim principom, koji se spomenut ranije, nastavilo se sa obilježavanjem rasipnog materijala i ostalih tragova sve do devetog traga koji je u ovom slučaju predstavljao trag razlivene rashladne tekućine Volkswagen Passata. Za označavanje ovog traga, unutar aplikacije odabrana je opcija prateće linije označavanja, te sa Moasure One Pro uređajem točno pratila kontura i izgled traga rashladne tekućine kao što je vidljivo na slici 30.



Slika 30. Prikaz traga rashladne tekućine Volkswagen Passata

Zadnja četiri traga se označila su se na isti način kao i gore spomenuta prva tri traga te kad su se i oni izmjerili i označili, zaustavilo se vrijeme i završilo sa mjerenjem.

6. ANALIZA DOBIVENIH REZULTATA TE SMJERNICE ZA KVALITETNIJE OBAVLJANJE OČEVIDA

Pri obavljanju očevida ključno je koristiti metode i uređaje koji omogućavaju maksimalnu preciznost i učinkovitost. U ovoj analizi usporedile su se tradicionalna mjerna kolica s naprednim uređajem *"Moasure One Pro"*, na temelju čega su prikazane prednosti i nedostaci svakog pristupa. Na temelju dobivenih rezultata prikazanih u ovom poglavlju, definirane su smjernice za kvalitetnije obavljanje očevida, s naglaskom na integraciju novih tehnologija u svakodnevne procedure.

6.1. Analiza dobivenih rezultata

Analizom dobivenih rezultata komparacije rada tradicionalnih mjernih kolica i *"Moasure One Pro"* uređaja uočene su značajne razlike u efikasnosti i preciznosti obavljanja očevida. Korištenjem mjernih kolica za obavljanje očevida bilo je potrebno 33 minute i 50 sekundi, dok je za isti postupak korištenjem *"Moasure One Pro"* uređaja bilo potrebno 27 minuta i 42 sekunde. U oba slučaja, u ovo vrijeme uključeno je postavljanje tragova. U tablici 2 prikazana je usporedba dobivenih rezultata izražena u minutama.

Tablica 2. Usporedba dobivenih rezultata različitim mjernim uređajima

Mjerni uređaj	Mjerna kolica	<i>"Moasure One Pro"</i>
Vrijeme očevida	33:50 min	27:42 min
Vrijeme prijenosa podataka	150 min	2 min

Preciznost je ključna komponenta uspjeha očevida. Mjerna kolica, iako pouzdana, mogu biti podložna netočnostima uzrokovanim neravninama terena, preprekama ili nagibima. S druge strane, *"Moasure One Pro"* koristi napredne senzore pokreta koji minimiziraju mogućnost pogrešaka. Senzori akcelerometra, žiroskopa i magnetometra zajedno s naprednim algoritmima omogućuju precizna mjerenja bez obzira na uvjete terena. Ovo je posebno korisno u složenijim okruženjima gdje tradicionalna mjerna kolica mogu biti neprecizna. Preciznost mjerenja je od vitalnog značaja za točnost konačnih rezultata očevida, a svaki

milimetar može biti kritičan u analizi i rekonstrukciji događaja. U tablici 3 prikazane su prednosti i nedostaci mjernih kolica.

Tablica 3. Prednosti i nedostaci mjernih kolica

PREDNOSTI	NEDOSTACI
Jednostavnost	Brzina izvođenja
Neovisnost o mobilnom uređaju	Manja preciznost i točnost
Otpornost na vanjske utjecaje	Mobilnost, tj. težina samog uređaja
Cijena	Ograničene mogućnosti mjerenja
Održavanje	Veći utjecaj ljudskog faktora pogreške
Korisnost u težim vremenskim uvjetima	Nedostatak digitalne integracije

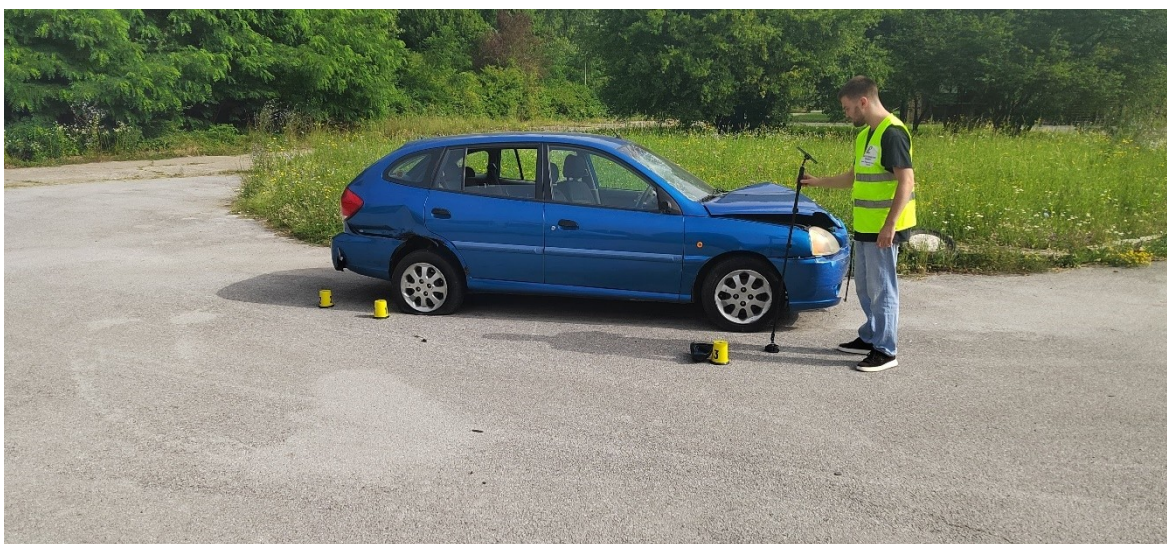
Također, potrebno je više vremena za postavljanje i rukovanje mjernim kolicima, kao što je prikazano na slici 31, posebno na većim područjima ili u teškim uvjetima. Očita prednost ovakvog načina mjerenja je jednostavnost upotrebe i robusnost, no s obzirom na današnje zahtjeve za brzinom i preciznošću, tradicionalne metode mogu zaostajati.



Slika 31. Prikaz korištenja tradicionalnih mjernih kolica

S druge strane, "Moasure One Pro" koristi napredne senzore pokreta kako bi izmjerio udaljenosti, kutove i promjene položaja. Ovaj uređaj, kao što je ranije spomenuto, kombinira akcelerometre, žiroskope i magnetometre kako bi precizno pratio kretanje u prostoru. Rezultati se obrađuju pomoću sofisticiranih algoritama,

što omogućava visoku razinu preciznosti. Jedna od najvećih prednosti "Moasure One Pro" uređaja je njegova svestranost i jednostavnost korištenja. Može se koristiti u raznim uvjetima, uključujući neravne terene i teško dostupna mjesta, gdje tradicionalna mjerna kolica mogu imati problema. Uz to, "Moasure One Pro" je kompaktan i prenosiv, što omogućava jednostavno rukovanje i brz transport na različite lokacije. Rukovanje "Moasure One Pro" uređaja prikazano je na slici 32.



Slika 32. Prikaz korištenja uređaja za mjerenje na temelju senzora pokreta, "Moasure One Pro" uređaja

Točnost je također ključna prednost "Moasure One Pro" uređaja. Zahvaljujući naprednoj tehnologiji senzora pokreta, uređaj može precizno izmjeriti udaljenosti i kutove bez potrebe za fizičkim kontaktom s mjernom površinom. Uz to, prilikom mjerenja sa "Moasure One Pro" uređajem može se odrediti vrsta mjerenja na način da se može izabrati hoće li se mjeriti ravna linija, linija traga, luk, točke, ignorirana linija, zid ili kružni oblik te hoće li mjerenje biti zatvorenog ili otvorenog oblika, točka do točke ili kutnog oblika kao što je prikazano na slici 29. Ovo smanjuje mogućnost grešaka uzrokovanih nepravilnostima terena ili ljudskim faktorom. Nadalje, podaci prikupljeni pomoću "Moasure One Pro" mogu se lako prenijeti i analizirati putem mobilnih aplikacija, što dodatno poboljšava efikasnost i točnost cjelokupnog procesa mjerenja.

Jedna od najvažnijih prednosti "Moasure One Pro" uređaja u odnosu na tradicionalna mjerna kolica jest ušteda vremena. Vrijeme potrebno za obavljanje očevida smanjeno je za više od šest minuta kada se koristi "Moasure One Pro". Ovo smanjenje vremena rezultat je brže pripreme i lakšeg rukovanja uređajem.

Dok mjernim kolicima treba određeno vrijeme za pravilno postavljanje i kotrljanje po mjernoj površini, "Moasure One Pro" omogućava brža i preciznija mjerenja jednostavnim pokretima kroz prostor. Ova prednost može biti od ključne važnosti u situacijama kada je vrijeme ograničeno ili kada je potrebno obaviti više očevida u kratkom vremenskom roku. Smanjenje vremena obavljanja očevida ne samo da povećava učinkovitost rada, već omogućava bržu reakciju i donošenje odluka u hitnim situacijama.

Dodatna prednost "Moasure One Pro" uređaja je njegova kompaktna veličina i prenosivost. Tradicionalna mjerna kolica mogu biti glomazna i teža za transport, što može dodatno povećati vrijeme potrebno za pripremu i obavljanje očevida. Nasuprot tome, "Moasure One Pro" je lagan i lako prenosiv, što omogućava brže postavljanje i lakše rukovanje, posebno u urbanim ili nepristupačnim područjima. Kompaktna priroda "Moasure One Pro" uređaja omogućava njegovu upotrebu u različitim uvjetima i situacijama, od zatvorenih prostora do nepristupačnih terena, bez gubitka na preciznosti i učinkovitosti.

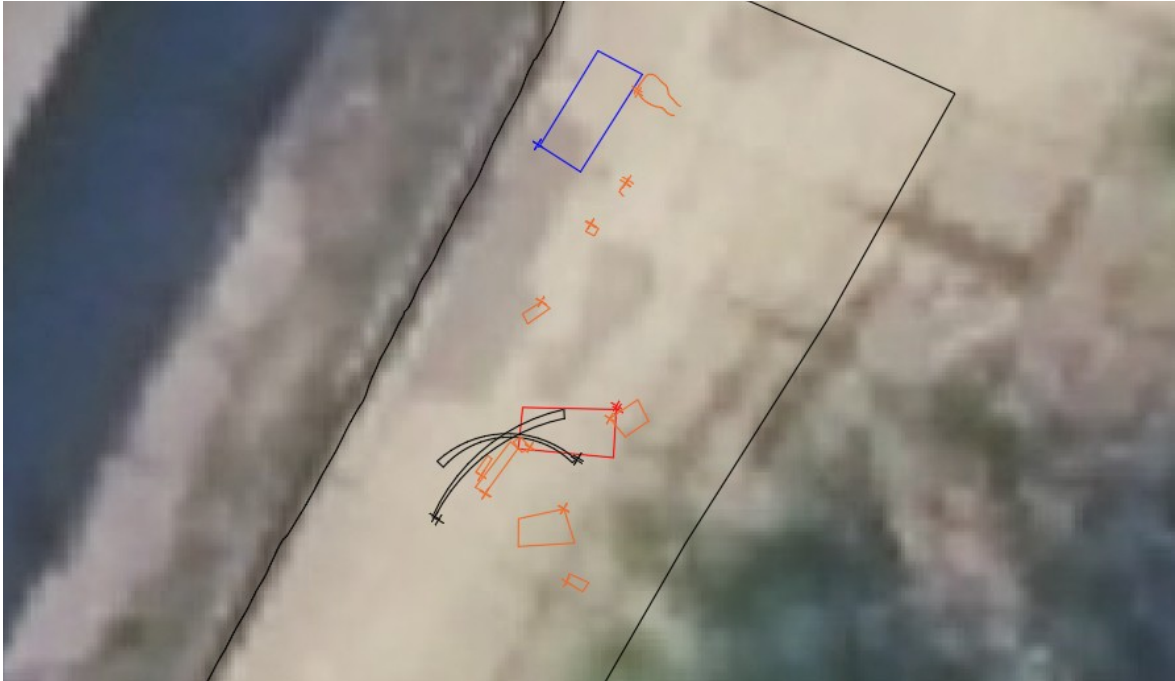
Unatoč mnogim prednostima i preciznosti koje "Moasure" aplikacija nudi, korisnici su primijetili određene nedostatke. Jedna od glavnih mana je brzo pražnjenje baterije mobilnog uređaja tijekom korištenja aplikacije, što može biti nezgodno za dulja mjerenja na terenu. Također, produženo korištenje aplikacije može uzrokovati značajno zagrijavanje telefona, što može dodatno smanjiti trajanje baterije i utjecati na rad uređaja. U tablici 4 prikazani su prednosti i nedostaci "Moasure One Pro" uređaja.

Tablica 4. Prednosti i nedostaci "Moasure One Pro" uređaja

PREDNOSTI	NEDOSTACI
Brzina izvođenja	Složenost
Preciznost i točnost	Edukacija i obuka korisnika
Mobilnost tj. težina samog uređaja	Cijena
Integracija sa aplikacijama ("AutoCad", "PC Crash "...)	Održavanje
Višenamjensko korištenje (ravne linije, lukovi...)	Ovisnost o bateriji mobilnog uređaja
Digitalizacija (skica ucrtana odmah u mobilnom uređaju korisnika)	Ograničenja u težim vremenskim uvjetima

Kako bi se minimizirali ovi problemi, preporučuje se redovito punjenje mobilnog uređaja prije korištenja aplikacije, kao i izbjegavanje dugotrajnog korištenja bez prekida. Korištenje telefona u hladu ili na nižim temperaturama također može pomoći u smanjenju pregrijavanja. U svakom slučaju, iako ove mane mogu predstavljati izazov, prednosti preciznih mjerenja koje *"Moasure"* aplikacija nudi često nadmašuju ove nedostatke.

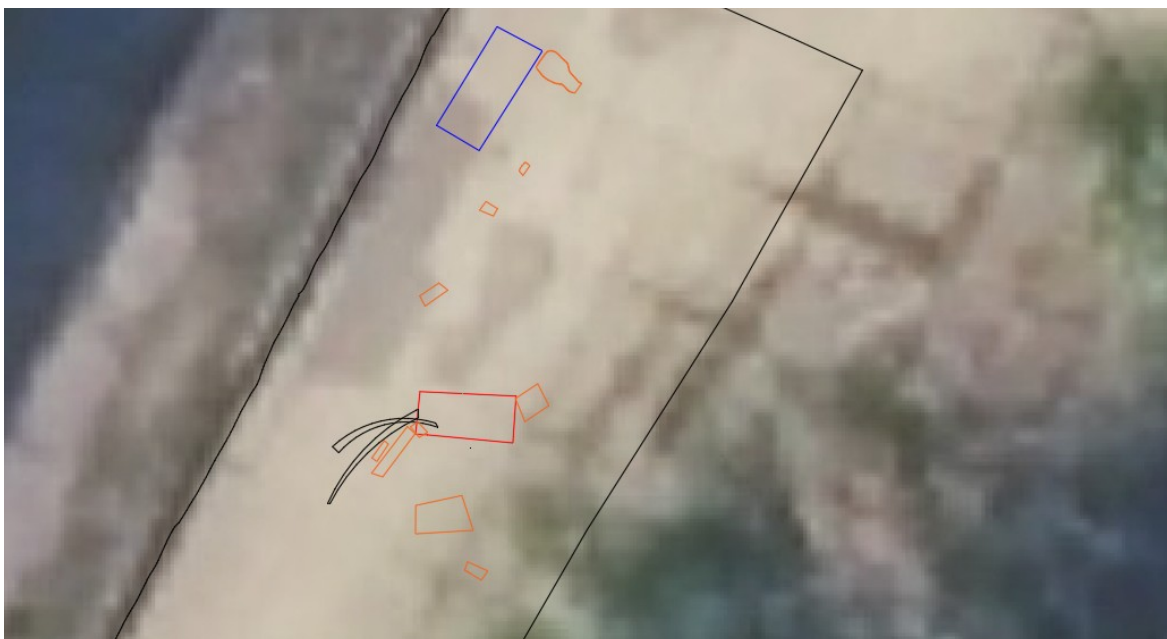
Posebno značajna prednost *"Moasure One Pro"* uređaja je brzina i jednostavnost prijenosa podataka u *"AutoCad"* i *"PC-Crash"*. Kod tradicionalnih mjernih kolica, proces prebacivanja ručne skice očevida u *"AutoCad"* aplikaciju, s nacrtanim svim tragovima i položajem automobila, trajao je 2 i pol sata. Ovaj dugotrajni postupak uključuje ručno unošenje podataka, što je ne samo vremenski zahtjevno, već i sklono pogreškama. S druge strane, *"Moasure One Pro"* omogućava gotovo trenutni prijenos podataka. Prebacivanje dobivene slike iz aplikacije *"Moasure"* u *"AutoCad"* ili *"PC-Crash"* traje svega 2 minute, što značajno ubrzava cijeli proces i smanjuje mogućnost ljudske pogreške. Ova mogućnost automatskog prijenosa podataka direktno u *"AutoCad"* i *"PC-Crash"* dodatno naglašava superiornost *"Moasure One Pro"* uređaja u suvremenim metodama mjerenja. Brzina i jednostavnost digitalizacije podataka omogućuju brzu analizu i dijeljenje rezultata, čime se poboljšava učinkovitost i točnost cjelokupnog procesa očevida. Na slici 33 prikazan je dobiveni rezultat obavljanja očevida u aplikaciji *"AutoCad"* generiran putem *"Moasure"* aplikacije.



Slika 33. Prikaz dobivenog rezultata očevida putem "Moasure One Pro" uređaja u aplikaciji "AutoCad"

Iz slike se može jasno očitati i vidjeti krajnji položaj oba automobila kao i njihove tragove kočenja i tragove rasipnog materijala dijelova njihovih karoserija. Plava boja predstavlja automobil Volkswagen Passat, crvena boja predstavlja automobil Kia Rio RS, narančasta boja predstavlja rasipni materijal i dijelove karoserija oba automobila, dok crni tragovi predstavljaju tragove kočenja. Također, vrlo je bitno naglasiti kako svaki trag izmjeren "Moasure One Pro" uređajem je potrebno kotirati sve tragove i mjere unutar aplikacija ("AutoCad", "PC Crash"). Kotiranjem svih tragova unutar aplikacija uvelike olakšava posao budućim sudionicima u obavljanju očevida (policija obavlja očevid te nakon označavanja svih tragova predaju i prosljeđuju datoteku inženjeru cestovnog prometa).

Na slici 34 prikazan je dobiveni rezultat očevida putem ručnog načina unošenja podataka u aplikaciji "AutoCad" te je vidljivo kako su tragovi također dobro pozicionirani, no nisu u potpunosti precizni kao što je to bio slučaj sa "Moasure One Pro" uređajem.



Slika 34. Prikaz dobivenog rezultata očevida putem ručnog načina unošenja podataka u aplikaciji "AutoCad"

U kontekstu očevida, gdje je brzina i preciznost ključna, *"Moasure One Pro"* nudi značajne prednosti. Dok tradicionalna mjerna kolica zahtijevaju fizičko kotrljanje po mjernoj površini, *"Moasure One Pro"* omogućava brza i precizna mjerenja jednostavnim pokretima uređaja kroz prostor. Ovo može značajno ubrzati proces očevida, omogućujući brže prikupljanje podataka i njihovu analizu.

Ipak, važno je napomenuti da svaki uređaj ima svoje specifične primjene i prednosti. Mjerna kolica su pouzdana za određene tipove mjerenja, posebno na ravnim i čistim površinama. Njihova jednostavnost i otpornost čine ih prikladnima za dugotrajne i intenzivne zadatke. S druge strane, *"Moasure One Pro"* nudi naprednu tehnologiju koja omogućava mjerenja u složenijim uvjetima, s većom preciznošću i brzinom.

Odabir između tradicionalnih mjernih kolica i uređaja poput *"Moasure One Pro"* ovisi o specifičnim zahtjevima zadatka, uvjetima na terenu i potrebnoj razini preciznosti. Integracija novih tehnologija kao što su senzori pokreta svakako predstavlja budućnost mjerenja, pružajući nove mogućnosti i poboljšanja u efikasnosti, preciznosti i jednostavnosti korištenja u različitim industrijama, uključujući građevinu, geodeziju i forenziku.

Usporedna analiza pokazala je da suvremeni uređaji poput *"Moasure One Pro"* značajno nadmašuju tradicionalna mjerna kolica u gotovo svim aspektima. Mjerna kolica, iako jednostavna za upotrebu, često zahtijevaju više vremena za

prikupljanje podataka i sklona su većim pogreškama zbog ljudskog faktora. S druge strane, "Moasure One Pro" omogućava automatsko prikupljanje i digitalizaciju podataka, što smanjuje mogućnost pogreške i omogućuje bržu obradu informacija.

6.2. Smjernice za kvalitetnije obavljanje očevida

Uzevši u obzir sve ove čimbenike, smjernice za kvalitetnije obavljanje očevida trebale bi se temeljiti na integraciji novih tehnologija poput "Moasure One Pro" uređaja. Standardizacija upotrebe naprednih uređaja može pomoći u postizanju konzistentnih i pouzdanih rezultata. Ovo uključuje izradu protokola za upotrebu "Moasure One Pro" u različitim uvjetima i scenarijima očevida. Standardizirani protokoli pomažu u osiguravanju dosljednosti i kvalitete podataka, bez obzira na uvjete u kojima se očevid obavlja. Također, standardizacija omogućava lakšu obuku novog osoblja i smanjuje mogućnost pogrešaka koje mogu nastati zbog različitih metoda rada.

Važno je kontinuirano prikupljati i analizirati podatke dobivene korištenjem oba uređaja kako bi se identificirale eventualne slabosti i područja za poboljšanje. Redovite usporedbe rezultata mogu pomoći u prilagodbi metoda i postupaka, osiguravajući da se koristi najpreciznija i najučinkovitija tehnologija. Analiza podataka može pružiti vrijedne uvide u performanse uređaja u različitim uvjetima i pomoći u optimizaciji procesa mjerenja.

Uz to, integracija podataka dobivenih iz "Moasure One Pro" s naprednim softverima za analizu može dodatno poboljšati točnost i učinkovitost očevida. Softverski alati kao što su "AutoCad" i "PC-Crash" omogućuju detaljnu analizu i vizualizaciju podataka, što može biti ključno za precizno razumijevanje i dokumentiranje događaja. Integracija s ovim alatima omogućava brzo i točno kreiranje digitalnih modela koji se mogu koristiti za daljnju analizu i prezentaciju rezultata.

Unatoč prednostima "Moasure One Pro", ne treba u potpunosti zanemariti tradicionalna mjerna kolica. Preporučljivo je održavati kombinirani pristup, koristeći obje tehnologije prema specifičnim potrebama svakog očevida. Kombinacija tradicionalnih i modernih metoda može pružiti najbolju fleksibilnost i osigurati da se svaki zadatak obavi na najefikasniji mogući način.

No svakako treba spomenuti da uvođenje naprednih tehnologija kao što je "Moasure One Pro" uređaj u svakodnevnu praksu policijskih očevida može značajno poboljšati preciznost, učinkovitost i brzinu obavljanja očevida. Kako bi se osiguralo optimalno korištenje ovog uređaja, predlažemo sljedeće smjernice i korake koje bi policija trebala slijediti:

Obuka i certificiranje osoblja:

- Osigurati da svi policijski službenici koji sudjeluju u očevidima prođu detaljnu obuku za korištenje uređaja za mjerenje na temelju senzora pokreta, u ovom slučaju „Moasure One Pro“ uređaja. Obuka treba uključivati teorijski dio o funkcionalnostima uređaja i praktične vježbe na terenu. Teorijski dio obuke trebao bi obuhvatiti temeljne principe rada uređaja, njegovu kalibraciju i održavanje, kao i metode za rješavanje eventualnih problema tijekom rada.
- Nakon obuke, službenici bi trebali dobiti certifikat o osposobljenosti za korištenje uređaja kako bi se osigurala standardizacija i kvaliteta očevida. Certificiranje bi također trebalo uključivati redovite provjere i obnavljanje certifikata kako bi se osigurala stalna kompetencija i ažuriranost osoblja s novim funkcionalnostima i najboljim praksama.

Standardizacija protokola za očevid:

- Razviti i usvojiti standardizirane protokole za očevid koji uključuju korištenje uređaja za mjerenje na temelju senzora. Protokoli trebaju biti jasno definirani i lako razumljivi, kako bi se osiguralo dosljedno obavljanje očevida. Trebalo bi obuhvatiti sve faze očevida, uključujući pripremu, izvođenje mjerenja, dokumentiranje i analizu podataka.
- Protokoli bi trebali uključivati korake za postavljanje uređaja, izvođenje mjerenja, prijenos podataka i njihovu analizu u softverskim alatima poput "AutoCad" i "PC-Crash". Ovo uključuje detaljne upute za svaki korak, kao i primjere najboljih praksi za različite scenarije očevida.

Redovito održavanje i kalibracija uređaja:

- Osigurati redovito održavanje i kalibraciju uređaja za mjerenje na temelju senzora uređaja kako bi se osigurala točnost i pouzdanost

mjerenja. Plan održavanja treba biti jasan i detaljan, uključujući redovne preglede i testiranja. Ovo uključuje provjeru baterije, ažuriranja softvera, te provjeru i zamjenu svih dijelova koji su podložni trošenju.

- Evidentirati sve postupke održavanja i kalibracije kako bi se osigurao kontinuitet i mogućnost praćenja performansi uređaja. Ova evidencija treba biti dostupna svim relevantnim osobama kako bi se mogla pratiti povijest održavanja i eventualni problemi s uređajem.

Integracija s postojećim sustavima:

- Osigurati kompatibilnost uređaja za mjerenje na temelju senzora s postojećim sustavima za obradu podataka. To uključuje uspostavu integracija s aplikacijama kao što su "AutoCad" i "PC-Crash", koje omogućuju brzu i efikasnu analizu podataka. Integracija bi trebala omogućiti automatski prijenos podataka bez potrebe za ručnim unosom, čime se smanjuje mogućnost pogrešaka i ubrzava proces analize.
- Razviti vodiče i priručnike za korisnike koji objašnjavaju postupak prijena podataka iz uređaja u softverske alate te njihovu daljnju obradu. Ovi vodiči trebaju biti detaljni i uključivati korak-po-korak upute, kao i rješavanje uobičajenih problema s kojima se korisnici mogu susresti.

Evaluacija i kontinuirano poboljšanje:

- Redovito evaluirati učinkovitost korištenja uređaja za mjerenje na temelju senzora kroz analizu rezultata očevida i povratnih informacija od korisnika. Evaluacija treba uključivati metrike kao što su preciznost mjerenja, brzina obavljanja očevida i korisničko iskustvo. Povratne informacije korisnika treba sustavno prikupljati i analizirati kako bi se identificirale moguće točke za poboljšanje.
- Na temelju rezultata evaluacije, kontinuirano unapređivati protokole i procedure kako bi se osiguralo da policijski službenici uvijek koriste najbolje moguće prakse i tehnologije. Ovo može uključivati ažuriranja protokola, dodatnu obuku i uvođenje novih funkcionalnosti uređaja kako bi se povećala njegova učinkovitost.

Korištenjem ovih smjernica, policija može značajno unaprijediti proces obavljanja očevida prometnih nesreća, osiguravajući pritom veću točnost, učinkovitost i brzinu. Integracija uređaja za mjerenje na temelju senzora poput "Moasure One Pro" uređaja u svakodnevnu praksu ne samo da poboljšava kvalitetu očevida, već i doprinosi općoj sigurnosti na cestama, omogućujući brže i preciznije donošenje odluka na temelju dobivenih podataka. Također, kontinuirana evaluacija i unapređenje metoda i alata osigurava da policijski službenici uvijek imaju pristup najmodernijim i najpouzdanijim tehnologijama za obavljanje svojih dužnosti.

Zaključno, analiza pokazuje da upotreba uređaja za mjerenje na temelju senzora značajno poboljšava efikasnost i preciznost očevida u usporedbi s tradicionalnim mjernim kolicima. Integracijom naprednih senzora pokreta i modernih tehnologija u svakodnevni rad, moguće je postići bolje rezultate, brže vrijeme obrade i veću pouzdanost podataka, što je od ključne važnosti za kvalitetno obavljanje očevida i ukupnu sigurnost u različitim industrijama. Brzina i preciznost prijenosa podataka u "AutoCad" i "PC-Crash" dodatno ističu prednosti korištenja uređaja za mjerenje na temelju senzora čineći ga superiornim izborom za suvremene zahtjeve mjerenja i dokumentiranja. Analiza dobivenih rezultata ukazuje na potrebu za daljnjom modernizacijom opreme korištene u očevidima prometnih nesreća. Predložene smjernice uključuju obaveznu upotrebu suvremenih mjernih uređaja, stalnu edukaciju i trening za istražitelje te razvoj integriranih sustava koji omogućuju brzu i točnu razmjenu podataka između različitih službi. Implementacija ovih smjernica može značajno unaprijediti učinkovitost i kvalitetu očevida, što će doprinijeti boljoj sigurnosti u prometu.

7. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazani su rezultati komparativne analize tradicionalne metode mjerenja s mjernim kolicima i suvremene tehnologije mjerenja s uređajem koji koristi senzore pokreta. Glavni fokus bio je na komparaciji mjernih kolica i "Moasure One Pro" uređaja koji koristi senzor pokreta te analiziranju dobivenih rezultata i davanju smjernica za kvalitetnije obavljanje očevida.

Analizom dobivenih rezultata utvrđeno je da je "Moasure One Pro" uređaj značajno učinkovitiji. Vrijeme potrebno za obavljanje očevida pomoću mjernih kolica iznosilo je 33 minute i 50 sekundi, dok je s "Moasure One Pro" uređajem taj proces trajao 27 minuta i 42 sekunde. Razlika od više od šest minuta jasno je ukazala na prednosti korištenja suvremenih tehnologija. Nadalje, prilikom prijenosa rezultata u softverske aplikacije, vrijeme potrebno za ručni prijenos skica iz tradicionalnih mjernih uređaja u "AutoCad" trajalo je 2,5 sata, dok je za prijenos podataka s "Moasure One Pro" uređaja trebalo samo 2 minute. Osim toga, podaci su se lako integrirali u "AutoCad" i "PC-Crash" aplikacije, čime se dodatno povećava efikasnost i preciznost analiza.

Korištenje "Moasure One Pro" uređaja pokazalo se kao brže i preciznije rješenje, smanjujući mogućnost pogrešaka uzrokovanih nepravilnostima terena ili ljudskim faktorom. Također, s obzirom na jednostavnost korištenja i brz prijenos podataka, ovaj uređaj omogućio je značajno smanjenje vremena potrebnog za obavljanje očevida i obradu podataka, čime se povećava ukupna učinkovitost. Modernizacija metoda mjerenja kroz uvođenje naprednih tehnologija poput "Moasure One Pro" uređaja predstavlja ključan korak ka poboljšanju preciznosti i brzine u obavljanju očevida. Tradicionalna mjerna kolica, iako još uvijek korisna u određenim situacijama, ne mogu se mjeriti s prednostima koje donosi suvremena tehnologija senzora pokreta.

Temeljem dobivenih rezultata u ovom istraživanju, definirane su i smjernice za kvalitetnije obavljanje očevida. U navedenim smjernicama preporučilo se kontinuirano praćenje i evaluacija novih tehnologija kako bi se osiguralo da metode i alati korišteni u praksi uvijek odražavaju najviše standarde preciznosti i učinkovitosti. Kroz integraciju novih tehnologija, kao i kroz redovitu obuku i prilagodbu metoda, moguće je značajno unaprijediti proces obavljanja očevida i osigurati bolje rezultate u svim fazama analize i obrade podataka.

LITERATURA

- [1] Zovak, G., Šarić, Ž.: Prometno tehničke ekspertize i sigurnost, nastavni materijali, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016.
- [2] Parry, I.; Kuhn P. (2003). Measuring Accident Scenes Using Laser Scanning Systems and the Use of Scan Data in 3D Simulation and Animation. 12. EVU-Jahrestagung, Zürich 2003.
- [3] Del Cesta, F.; Del Cesta A. (2017). Using CCTV data in the analysis of real vehicle accidents: a laser scanner approach. 26. EVU Conference, Haarlem.
- [4] Rivers, R.W. (2006). EVIDENCE IN TRAFFIC CRASH INVESTIGATION AND RECONSTRUCTION: Identification, Interpretation and Analysis of Evidence, and the Traffic Crash Investigation and Reconstruction Process. Charles C Thomas Publisher LTD.
- [5] Fraizer, A. S. (2006). Traffic Collision Investigation. Eddie Bowers Publishing Co., Inc.
- [6] Du, W.; Dash, A.; Li, J.; Wei, H.; Wang, G. Safety in Traffic Management Systems: A Comprehensive Survey. Designs 2023, 7, 100. <https://doi.org/10.3390/designs7040100>
- [7] Traffic collision reconstruction. Preuzeto s: https://en.wikipedia.org/wiki/Traffic_collision_reconstruction
- [8] Watson, R., Cormier, J., Bonugli, E., and Greenston, M., "Comparison of Rear Impact Crash Reconstructions to Event Data Recorders in the Crash Investigation Sampling System Database," SAE Technical Paper 2022-01-5069, 2022, <https://doi.org/10.4271/2022-01-5069>
- [9] Leica Geosystems. Preuzeto s: <https://leica-geosystems.com/industries/public-safety-security-and-forensics/applications-in-public-safety/crash-investigation-and-collision-reconstruction>
- [10] Ećimović K. (2021). Mogućnosti upotrebe fotogrametrije pri izračunu apsorbirane energije u sudaru vozila. Diplomski rad.
- [11] PC – Crash. Preuzeto s: <https://www.pc-crash.com/>
- [12] DSD. PC Rect. Preuzeto s: http://www.dsd.at/index.php?option=com_content&view=article&id=14:pc-rect&catid=37&lang=en&Itemid=159
- [13] Agisoft Metashape. Preuzeto s: <https://www.agisoft.com/>

- [14] Agisoft Metashape Professional 2.1.0 X64. Preuzeto s: <https://zonegfx.com/agisoft-metashape-professional-2-1-0-x64/>
- [15] How is drone mapping used for crash investigation. Preuzeto s: <https://www.pix4d.com/blog/drone-mapping-crash-investigation/>
- [16] Drones in Accident Reconstruction: How Drones Are Helping Make Traffic Crash Site Assessments Faster, Safer, and More Accurate. Preuzeto s: <https://uavcoach.com/drones-accident-reconstruction/>
- [17] Drones Transform Traffic Crash Investigations, Enhance Officer Safety. Preuzeto s: <https://nationalpolice.org/main/drones-transform-traffic-crash-investigations-enhance-officer-safety/>
- [18] Primjena inovativnih potpornih tehnologija za očevid prometnih nesreća. Preuzeto s: [Nacionalni plan sigurnosti cestovnog prometa | NPSCP](#)
- [19] DJI Zenmuse L1 Lidar. Preuzeto s: <https://www.dronovishop.hr/dji-zenmuse-l1-lidar/>
- [20] LiveViewGPS. Preuzeto s: <https://www.liveviewgps.com/>
- [21] How GPS Tracking Helps Police Catch Criminals. Preuzeto s: <https://gpstechnologies.com/2019/02/how-gps-tracking-helps-police-catch-criminals/>
- [22] Moasure. Preuzeto s: <https://www.moasure.com/>
- [23] Njuškalo. Preuzeto s: <https://www.njuskalo.hr/>
- [24] Šarić Ž. (2014). Model identifikacije opasnih mjesta u cestovnoj prometnoj mreži. Doktorski rad.

POPIS SLIKA, TABLICA I GRAFIKONA

Slika 1. Mjerenje položaja vozila sustavom pravokutnog trokuta [1].....	6
Slika 2. Mjerenje položaja vozila sustavom s dvije paralelne točke mjerenja [1].....	6
Slika 3. Prikaz mjernih kolica (lijevo) i metra (desno).....	15
Slika 4. Prikaz pozicije fotografiranja oštećenja na vozilu.....	16
Slika 5. Prikaz fotografija sa "crash testa".....	16
Slika 6. "Leica RTC360" [9].....	20
Slika 7. Primjena fotogrametrije u procjeni deformacije vozila [10].....	21
Slika 8. Prikaz "PC - Crash" aplikacije [11].....	22
Slika 9. Prikaz izgleda "Agisoft Metashape" aplikacije [14].....	23
Slika 10. Беспilотna letjelica "DJI mini 4 Pro Fly More Compo (DJI RC 2)".....	24
Slika 11. Generiranje 3D modela u "Pix4D" [18].....	26
Slika 12. Prikaz 3D skena rekonstrukcije prometne nesreće [10].....	27
Slika 13. Prikaz LiDAR kamere [19].....	28
Slika 14. Prikaz 3D modela izrađen pomoću LiDAR kamere [10].....	29
Slika 15. "Moasure One Pro" uređaj.....	31
Slika 16. Kia Rio RS i Volkswagen Passat [23].....	34
Slika 17. Prikaz završnog položaja automobila nakon obavljenog "crash testa".....	36
Slika 18. Prikaz rasipnog materijala automobila Kia Rio RS.....	37
Slika 19. Prikaz rasipnog materijala vozila Kia Rio RS i Volkswagena Passata.....	37
Slika 20. Prikaz tragova kočenja.....	38
Slika 21. Prikaz deformacije bočnog dijela automobila Kia Rio RS.....	39
Slika 22. Prikaz rasipnog materijala Kia Rio RS i Volkswagen Passata.....	40
Slika 23. Prikaz oštećenja i deformacije karoserije Volkswagen Passata.....	41
Slika 24. Prikaz prolivene rashladne tekućine automobila Volkswagen Passat.....	42
Slika 25. Prikaz rasipnog materijala automobila Volkswagen Passat.....	43
Slika 26. Mjerna kolica za očevid prometnih nesreća [24].....	44
Slika 27. Prikaz sučelja aplikacije "Moasure".....	45
Slika 28. Prikaz izgleda aplikacije "Moasure".....	47
Slika 29. Skica sa svim označenim tragovima obrađena u AutoCad-u.....	50
Slika 30. Prikaz traga rashladne tekućine Volkswagen Passata.....	52
Slika 31. Prikaz korištenja tradicionalnih mjernih kolica.....	54
Slika 32. Prikaz korištenja uređaja za mjerenje na temelju senzora pokreta, "Moasure One Pro" uređaja.....	55
Slika 33. Prikaz dobivenog rezultata očevida putem "Moasure One Pro" uređaja u aplikaciji "AutoCad".....	58
Slika 34. Prikaz dobivenog rezultata očevida putem ručnog načina unošenja podataka u aplikaciji "AutoCad".....	59

Tablica 1. Popis nastalih tragova.....	36
Tablica 2. Usporedba dobivenih rezultata različitim mjernim uređajima.....	53
Tablica 3. Prednosti i nedostaci mjernih kolica.....	54
Tablica 4. Prednosti i nedostaci "Moasure One Pro" uređaja.....	56
Grafikon 1. Prikaz kretanja i promjene brzine Volkswagen Passata.....	35

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad
(vrsta rada)

isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom Komparativna analiza mogućnosti različitih vrsta uređaja, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR. za obavljanje oćeuda prometnih mesreća

Student/ica:

U Zagrebu, 21.6.2024.

LUKA ŽONAK, Luka Žonak
(ime i prezime, potpis)