

# Primjena bespilotnih letjelica prilikom uviđaja prometne nesreće

---

Ivanić, Ivana

Master's thesis / Diplomski rad

2017

*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:119:463044>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-14**



*Repository / Repozitorij:*

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



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

**DIPLOMSKI RAD br. 4337**

**PRIMJENA BESPILOTNIH LETJELICA PRILIKOM  
UVIĐAJA PROMETNE NESREĆE  
USING UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR ACCIDENT  
INVESTIGATION**

Mentor: Doc. dr. sc. Pero Škorput

Student: Ivana Ivanić, 2411042554

Zagreb, rujan 2017

Zagreb, 21. travnja 2017.

Zavod: **Zavod za inteligentne transportne sustave**  
Predmet: **Inteligentni transportni sustavi I**

## DIPLOMSKI ZADATAK br. 4337

Pristupnik: **Ivana Ivanić (2411042554)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Primjena bespilotnih letjelica prilikom uviđaja prometne nesreće**

Opis zadatka:

Tehnologije za uviđaj incidentnih situacija u prometu doživljavaju svoj napredak primjenom novih tehnologija. Jedna od najnovijih tehnologija unaprjeđenje procesa očevida leži u primjeni bespilotnih letjelica. U diplomskom radu potrebno je opisati mogućnosti primjene bespilotnih letjelica u procesima uviđaja prometnih nesreća. Također, potrebno je provesti eksperiment uviđaja simulirane prometne nesreće primjenom bespilotne letjelice te upotrebom 3D programskih alata izraditi računalni oblak točaka. Kao rezultat istraživanja potrebno je opisati mogućnosti poboljšanja uviđaja prometne nesreće primjenom bespilotnih letjelica i pripadnih alata.

Zadatak uručen pristupniku: 28. travnja 2017.

Mentor:



dr. sc. Pero Škorput

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

## PRIMJENA BESPILOTNIH LETJELICA PRILIKOM UVIĐAJA PROMETNE NESREĆE

### SAŽETAK

Tehnologije za uviđaj incidentnih situacija u prometu doživljavaju svoj napredak primjenom novih tehnologija. Jedna od najnovijih tehnologija unaprjeđenja procesa očevida leži u primjeni bespilotnih letjelica. Mogućnosti primjene ove tehnologije istražiti će se eksperimentalno te će se opisati kroz cjeline kao što su procesi uviđaja prometnih nesreća, sustavi bespilotnih letjelica te software-ski 3D alati za modeliranje mjesta incidentnog događaja. Također provest će se eksperimentalno istraživanje uviđaja prometne nesreće primjenom bespilotnih letjelica te analizirati poboljšanja uviđaja prometne nesreće primjenom bespilotnih letjelica.

**KLJUČNE RIJEČI:** prometna nesreća; očevid; bespilotna letjelica; Pix4D; Agisoft

## USING UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR ACCIDENT INVESTIGATION

### SUMMARY

Technologies for detecting incidents of traffic situations are experiencing their progress by applying new technologies. One of the latest evolutionary process improvement technology lies in the application of unmanned aerial vehicles. The possibilities of applying this technology will be explored experimentally and will be described through units such as traffic accident scenarios, unmanned aviation systems, and software-based 3D modeling tools for incident events. Experimental exploration of a traffic accident will also be carried out by using unmanned aerial vehicles and analyzing the improvement of traffic accidents by using unmanned aerial vehicles.

**KEY WORDS:** traffic accident; investigation; unmanned aerial vehicles; Pix4D; Agisoft

# SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. PROCESI UVIĐAJA PROMETNIH NESREĆA .....	3
2.1. Elementi obavljanja očevida pri prometnim nesrećama.....	4
2.2. Osiguranje mjesta nesreće .....	5
2.3. Faze očevida prometne nesreće.....	7
2.3.1. Orijentacijsko-informativna faza .....	7
2.3.2. Statička (pasivna) faza.....	8
2.3.3. Dinamička (aktivna) faza.....	9
2.3.4. Kontrolno-završna (finalna) faza .....	9
2.4. Tragovi nastali u prometnim nesrećama.....	10
2.4.1. Tragovi pneumatika.....	10
2.4.2. Tragovi dijelova vozila.....	16
2.4.3. Tragovi osoba.....	17
2.4.4. Tragovi na vozilu i u njemu.....	18
3. SUSTAVI BESPILOTNIH LETJELICA .....	20
3.1. Pravilnik o sustavima bespilotnih letjelica .....	21
3.2. DJI PHANTOM 4 .....	26
4. SOFTWARE-SKI 3D ALATI ZA MODELIRANJE MJESTA PROMETNE NESREĆE 29	
4.1. Upotreba mobilnih aplikacija za izradu 3D modela mjesta prometne nesreće .....	29
4.2. Primjena AGISoft alata za izradu 3D modela mjesta prometne nesreće.....	30
4.3. Metodološki postupak izrade 3D modela .....	32
4.3.1. Poravnanje fotografija .....	32
4.3.2. Izgradnja digitalnog modela uzdizanja.....	34
4.3.3. Izgradnja mreže .....	34
4.3.4. Stvaranje teksture .....	35
4.3.5. Izgradnja uzdužnog digitalnog modela .....	37
4.3.6. Izgradnja ortomozaika .....	37
4.3.7. Izvoz 3D modela .....	38
4.3.8. Mjerenja.....	39
5. UVIĐAJ EKSPERIMENTALNE PROMETNE NESREĆE PRIMJENOM BESPILOTNE LETJELICE .....	41

6. ZAKLJUČAK .....	46
LITERATURA.....	47
POPIS SLIKA .....	49
POPIS TABLICA.....	50

## 1. UVOD

Promet se može opisati kao sustav i proces čija je svrha obavljanje prijevoza i/ili prijenosa transportiranih entiteta (ljudi, robe ili informacija) u odgovarajućim prometnim entitetima zauzimanjem dijela kapaciteta prometnice prema utvrđenim pravilima i protokolima.

U današnjem svijetu u kojem živimo možemo svjedočiti velikom broju prometnih nesreća. Ovisno o težini prometne nesreće ovisi trajanje očevida te koliko će određena prometnica biti zatvorena za promet. Upravo iz tog razloga svrha ovog diplomskog rada je dati pregled i analizu tehnoloških rješenja primjene bespilotnih letjelica u funkciji bržeg i učinkovitijeg odvijanja procesa uviđaja prometne nesreće. Cilj rada je na konkretnom primjeru pokazne incidentne situacije isprobati inovativna software-ska rješenja kao što je 3D oblak točaka, provedba mjerenja na 3D modelu te njihova validacija i verifikacija na stvarnom pokaznom modelu incidentnog događaja. Rad je podijeljen u sedam cjelina:

1. Uvod
2. Procesi uviđaja prometnih nesreća
3. Sustavi bespilotnih letjelica
4. Software-ski 3D alati za modeliranje mjesta prometne nesreće
5. Uviđaj eksperimentalne prometne nesreće primjenom bespilotne letjelice
6. Zaključak

U drugom poglavlju opisani su elementi obavljanja očevida pri prometnim nesrećama te koje se mjere i aktivnosti poduzimaju kod osiguranja mjesta nesreće. Uz to su opisane faze očevida prometne nesreće te kako se postupa s tragovima nastalim u prometnoj nesreći.

Razvoj tehnologija doživljava svoj napredak u svim granama te tako i u prometu. Jedan od primjera tehnoloških dostignuća su i bespilotne letjelice čiji je razvoj bio u tajnosti. Za bespilotne letjelice postoji pravilnik u kojem je opisana njihova podjela, kategorije letačkih operacija te koji su svi dokumenti potrebni za izvođenje letačkih operacija. U ovom diplomskom radu je za potrebe eksperimenta korištena i opisana bespilotna letjelica DJI Phantom 4 Pro.

U četvrtom poglavlju su opisani različiti programski alati koji se mogu koristiti za mjerenje tragova, koliko su neki predmeti ili osobe odbačeni od vozila nakon sudara, odnosno za proces očevida.

Nakon opisa programskih alata napraviti će se eksperiment s bespilotnom letjelicom koji će biti opisan u petom poglavlju.

Na kraju će se u zaključku sažeti cijeli diplomski rad te uvidjeti je li primjena novih tehnologija odnosno upotreba bespilotnih letjelica prilikom uviđaja prometnih nesreća brža i učinkovitija od trenutnog procesa uviđaja prometnih nesreća.



## 2. PROCESI UVIĐAJA PROMETNIH NESREĆA

Prometna nesreća je događaj na cesti, izazvan kršenjem prometnih propisa, u kojem je sudjelovalo najmanje jedno vozilo u pokretu i u kojem je najmanje jedna osoba ozlijeđena ili poginula, ili u roku od 30 dana preminula od posljedica te prometne nesreće, ili je izazvana materijalna šteta. Nije prometna nesreća kada je radno vozilo, radni stroj, motokultivator, traktor ili zaprežno vozilo, krećući se po nerazvrstanoj cesti ili pri obavljanju radova u pokretu, sletjelo s nerazvrstane ceste ili se prevrnulo ili udarilo u neku prirodnu prepreku, a pritom ne sudjeluje drugo vozilo ili pješak i kada tim događajem drugoj osobi nije prouzročena šteta [1].

Policijski službenik dužan je izaći na mjesto prometne nesreće i događaja u prometu o kojima je obaviješten. Policijski službenik dužan je uvijek obaviti očevid prometne nesreće u kojoj ima poginulih i ozlijeđenih osoba kao i kada se sumnja na počinjenje kaznenog djela, a sukladno odredbama Zakona o kaznenom postupku [2].

Očevid je procesna radnja koju poduzimaju nadležni ovlašteni organi radi utvrđivanja i razjašnjenja za postupak važnih čimbenika. U pravilu se obavlja na licu mjesta, a sastoji se od razgledavanja mjesta, odnosno prikupljanja raznih dokaza kao što su tragovi, uzorci krvi, tkiva i slično [3].

Zadatak i svrha očevida kao istražne radnje je utvrditi činjenice na osnovu kojih će se utvrditi ne/postojanje kaznenog djela izazivanja prometne nesreće ili prometnog prekršaja. Utvrđivanje činjenica putem očevida vrši se u okviru procesno-pravnih zahtjeva materijalnog kaznenog i prekršajnog prava. Predmet očevida su osobe, mjesto i predmeti. Tijela koja obavljaju očevid ili rekonstrukciju su djelatnici policije, istražni sudac ili državni odvjetnik te oni mogu zatražiti pomoć stručne osobe kriminalističko-tehničke, prometne ili druge struke, koja će, prema potrebi, poduzeti i pronalaženje, osiguravanje ili opisivanje tragova, obaviti potrebna mjerenja i snimanja, izraditi skice ili prikupiti druge podatke. Na očevid, rekonstrukciju i pokus može se pozvati i vještak ako bi njegova prisutnost bila korisna za davanje nalaza i mišljenja [4].

Očevid započinje od trenutka zaprimanja obavijesti, a stvarni početak očevida je dolazak ekipe za očevid na mjesto nesreće. Važno je da vrijeme proteklo između zaprimanja obavijesti pa do dolaska ekipe na mjesto nesreće bude što kraće pogotovo zbog činjenice da se pojedini

tragovi nastali na mjestu nesreće mijenjaju ili uništavaju ovisno o prometu i vremenskim prilikama [5].

## 2.1. Elementi obavljanja očevida pri prometnim nesrećama

Prilikom dolaska na mjesto nesreće prvo što se treba utvrditi je o kakvoj se vrsti nesreće radi te je nakon toga potrebno izvršiti pregled šireg i užeg područja mjesta nesreće i objekata koji su sudjelovali u nesreći. Šire područje mjesta nesreće podrazumijeva područje preko kojeg se dolazi do mjesta nesreće dok uže područje mjesta nesreće podrazumijeva najbližu okolinu mjesta nesreće koju je potrebno što detaljnije opisati te navesti točne mjere i udaljenosti od početne točke mjerenja. Tijekom očevida važno je što točnije opisati i skicirati izgled šireg i užeg područja mjesta nesreće. Snimljene fotografije tijekom očevida moraju što vjernije prikazati izgled mjesta nesreće i raspored svih tragova.

Pouzdana utvrđivanje ili razjašnjavanje činjenica prometnih nesreća jedino je moguće očevidom. Ono se u postupku očevida vrši opažanjem vlastitim osjetilima ili pomagalicama te među činjenicama treba razlikovati one koji se odnose na uzrok i one koji se odnose na posljedicu.

Očevid zahtijeva:

- pronalaženje tragova i predmeta prometne nesreće
- osiguravanje (fiksiranje) tragova i predmeta prometne nesreće mjerenjem i snimanjem
- opisivanje mjesta prometne nesreće, tragova i predmeta prometne nesreće prema položaju, porijeklu, obliku zapisnikom o očevidu
- izrada situacijskog plana u mjerilu i fotoelaborata
- prikupljanje drugih podataka koji nisu sastavni dio prometno-tehničkog dijela očevida (npr. prikupljanje podataka o sudionicima i svjedocima, saslušavanje sudionika i svjedoka, alko-testiranje i sl.) [3]

Taktičkih pravila pri vršenju očevida ima mnogo, ali suština taktičkog postupanja pri obavljanju očevida je u tome da se sva pitanja pa i ona orijentacijske prirode moraju rješavati posebno za svaki pojedini slučaj. Tako, na primjer, ako za vrijeme očevida pada jaka kiša, puše jak vjetar, pada snijeg ili postoje ozlijeđeni sudionici, pregled mjesta događaja početi će od središta prema periferiji, a ne obrnuto prema pravilu [6].

## 2.2. Osiguranje mjesta nesreće

Osiguranje mjesta nesreće prethodi očevidu, ali je ono i sastavni dio očevida. Osiguranje mjesta nesreće je vrlo bitno iz tog razloga što omogućava nepromijenjenost mjesta nesreće od trenutka nastanka prometne nesreće do dolaska ovlaštenih osoba koje obavljaju očevid. Mjesto nesreće je potrebno što prije osigurati te ga osiguravaju policijski službenici do dolaska ekipe za očevid. Tijekom osiguranja mjesta nesreće policijski službenici osim osiguranja samog mjesta događaja poduzimaju razne mjere i aktivnosti koje obuhvaćaju:

- blokiranje mjesta događaja
- kratku činjeničnu obavijest dežurnoj službi MUP-a koja dalje o događaju obavještava državno odvjetništvo
- osiguranje prve pomoći stradalim osobama
- osiguranje tragova nastalih u prometnoj nesreći od promjene i uništavanja
- zadržavanje sudionika prometne nesreće
- osiguranje prisutnosti svjedoka očevidaca
- uklanjanje osoba koje bi ometale rad ovlaštenih osoba na mjestu nesreće
- osiguranje pozicija vozila u mirovanju te poduzimanje mjera da se promet regulira tako da obilazi mjesto nesreće ili da se promet usmjeri obilaznom cestom ili putem
- prikupljanje podataka koji će ubrzati rad pri očevidu i koji će pridonijeti kvaliteti očevidnih radnji
- pružanje prve pomoći državnom odvjetniku u obavljanju očevida s područja kriminalističko-tehničkih zadataka u otkrivanju tragova te fotografiranju mjesta nesreće i izradi skice kao podloge za izradu situacijskog plana mjesta nesreće, itd.
- osiguranje i fiksiranje podataka na mjestu nesreće koji će biti potrebni za kriminalističko-tehničku obradu radi pronalaženja onih sudionika u prometnoj nesreći koji su napustili mjesto događaja bez namjere da se ponovno vrate
- poduzimanje odgovarajućih radnji radi ispitivanja alkoholiziranosti sudionika u prometnoj nesreći
- informiranje ovlaštenih osoba koje obavljaju očevid, kada one pristupe na mjesto događaja sa svim mjerama o osiguranju mjesta nesreće kao i o prikupljenim saznanjima o događaju [7]

Uz poduzimanje raznih mjera i aktivnosti kod osiguranja mjesta nesreće postoji i redoslijed prema kojem se osigurava mjesto nesreće:

- po noći je potrebno postaviti reflektore tako da je mjesto nesreće dobro osvijetljeno kako bi se omogućilo ostalim sudionicima u prometu pravovremena vidljivost, ukoliko nema reflektora za osvijetljavanje mjesta nesreće može poslužiti i službeno vozilo tako da se prednjim svjetlima osvjetljuje mjesto nesreće kako bi sudionici prometa prepoznali situaciju i kako bi se istražiteljima olakšao rad
- službeno vozilo se ne smije postaviti na taj način da ometa siguran prolaz ostalih sudionika u prometu, ukoliko to nije moguće znakovima na određenoj udaljenosti označiti mjesto nesreće ili uvesti trenutnu kontrolu prometa kako bi se ostalim sudionicima prometa omogućio siguran prolaz
- mjesto nesreće potrebno je prilagoditi i zaštititi od mogućeg požara, prolivene ili oštećene opasne robe (kemikalije, eksplozivi, tekuća goriva, itd.), ukoliko takva situacija postoji potrebno je izvijestiti i tražiti pomoć ili savjet specijalizirane službe. Tokom takvih izvanrednih situacija potrebno je pratiti procedure za izvanredne slučajeve
- provjeriti mjesto nesreće za oštećenim ili oborenim električnim žicama
- locirati, pokupiti i sačuvati kratkotrajne dokaze. Ukoliko se dokazi na mjestu nesreće moraju maknuti potrebno je izmjeriti i fotografirati poziciju prije pomicanja te se njezin položaj mora iscrtati kredom ili nekim drugim odgovarajućim sredstvom
- potrebno je postaviti signalne znakove koji uključuju: znakove, reflektore, čunjeve, itd. kako bi se omogućilo ostalim sudionicima prometa dovoljna preglednost. Ukoliko je došlo do izlivanja zapaljive tvari u zoni nesreće ne smije se pušiti i paliti šibice
- istragu je potrebno vršiti u prethodno osiguranoj zoni nesreće kako se ne bi stvarala dodatna konfuzija na mjestu nesreće te se dodatno ugrožavali životi istražitelja i sudionika u prometu. Na primjer, istražitelj ne smije stajati ili razgovarati sa svjedocima i vozačima na otvorenom djelu ceste izvan zone nesreće
- potrebno je identificirati te ispitati vozače i svjedoke. Potrebno je prikupiti imena i adrese što više svjedoka kao i tablica vozila parkiranih u blizini nesreće. Te informacije mogu poslužiti u naknadnoj istrazi
- potrebno je zaštititi osobno vlasništvo sudionika nesreće i ostale predmete (dijelove vozila, vrijedne stvari koje mogu biti ukradene). Ukoliko dođe do preuzimanja dokaza istrage od strane istražitelja potrebno je izdati potvrdu

- kada god je to moguće potrebno je postaviti službenu osobu na strateške lokacije kako bi se omogućilo sigurno i uredno odvijanje prometa nakon mjesta nesreće
- samo ako se situacija toliko pogorša, a kapacitet policijskih službenika je na maksimumu traži se pomoć civila u reguliranju prometa ili pomoći u kontroli gomile. Civile se ne smije tjerati da obavljaju potencijalno opasne dužnosti, a volonterima se trebaju dati detaljne informacije o dužnosti koju trebaju obaviti [8].

### **2.3. Faze očevida prometne nesreće**

Očevid prometne nesreće je proces koji je nužno provesti u četiri osnovne faze:

1. Orijentacijsko-informativna faza
2. Statička (pasivna) faza
3. Dinamička (aktivna) faza
4. Kontrolno-završna (finalna) faza

U nastavku slijedi opis svake faze očevida prometne nesreće.

#### **2.3.1. Orijetacijsko-informativna faza**

Po dolasku na mjesto događaja koje je bilo osigurano, ekipa za očevid prikuplja obavijesti od osoba koje su osiguravale mjesto događaja u vezi svih mjera koje su poduzete, prikupljenih informacija o načinu i vremenu saznanja o događaju, trenutku započinjanja osiguranja mjesta i o vremenu koje je proteklo od prometne nesreće. Osobe koje su osigurale mjesto izvješćuju koje su osobe zatečene po njihovom dolasku na mjesto te daju podatke o svim promjenama mjesta događaja. Izvješćuju tko je pružio prvu pomoć ozlijeđenima, kuda su prevezeni i od koga, tko je ozlijeđen i njihovo svojstvo u nesreći (putnik, pješak, vozač), jesu li prije odlaska u zdravstvenu ustanovu dali kakvu informaciju, a ako se netko od sudionika i svjedoka udaljivao s mjesta događaja, što je poduzeto u vezi toga. Utvrđuju se eventualne promjene prvobitnog stanja položaja (vozila i tragova), mjere u vezi upravljanja prometom i omogućavanja nesmetanog odvijanja prometa. Ukoliko mjesto događaja nije osigurano, obavijesti se prikupljaju od nazočnih na mjestu događaja (svjedoka, očevidaca, sudionika) te se nastoji pregledom mjesta događaja i okoline prikupiti saznanja o tome što se dogodilo. U ovoj fazi, ovisno o utvrđivanju specifičnosti nesreće (pješak-vozilo ili vozilo-vozilo iz suprotnog smjera), donosi se odluka o načinu provođenja očevida (od centra prema periferiji ili obratno) [3].

### 2.3.2. 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. U ovoj fazi radi se pregled mjesta događaja i fiksiranje te se nastoji utvrditi na temelju tragova, obavijesti i pribavljenih dokaza, mehanizam nastanka same nesreće i uzrok, postavljajući radne verzije i hipoteze. Sve što se zapazi, mora se detaljno pregledati, izmjeriti te unijeti u kroki skicu i fotografirati. U statičkom dijelu očevida ekipa promatra i utvrđuje mjesto događaja u nepromijenjenom stanju, opisuje tragove i predmete ne dodirujući ih, bez pomicanja i mijenjanja njihovog položaja i izgleda. Tijekom rada potrebno je utvrditi točno mjesto i okolnosti vezane za njega te mjesto fiksirati u odnosu na objekt (ugao kuće, most itd.).

Potrebno je točno utvrditi osobine ceste i vrstu kolničkog zastora, stanje kolnika, širinu kolnika, opremu ceste, stanje prometa, vremenske prilike, vidljivost, postojeće prometne znakove, signalizaciju i slično. U statičkoj fazi statično je mjesto događaja, a ekipa za očevid poduzima ranije navedene mjere. Svaki propust u ovoj fazi na mjestu događaja ima za posljedicu greške koje direktno utječu na slabiju kvalitetu obavljenog očevida, što rezultira nekvalitetnim izvješćem koje se prosljeđuje nadležnim tijelima u vezi nesreće. Posebnu pozornost treba posvetiti uočavanju i fiksiranju detalja i tragova na kolniku i vozilima koji ukazuju na točno mjesto kontakta.

Policijski službenik provjerava istovjetnost osoba tako da se usmeno obrati osobi sa zahtjevom da mu pokaže i preda na uvid osobnu iskaznicu ili drugu ispravu sa fotografijom iz koje se može utvrditi istovjetnost osobe. Sva zapažanja o okolnostima nesreće korisna su već pri radu na očevidu te olakšavaju očevid i omogućuju pravilnije zaključivanje.

Prikupljanje obavijesti tijekom očevida značajno je te ih ekipe za očevid ne smiju zanemariti. Osobni i stvarni dokazi moraju se međusobno upotpunjavati. Ukoliko su podaci u suprotnosti, treba ponovo izvršiti provjeru radi li se o grešci ili su sudionici, svjedoci namjerno ili nenamjerno dali pogrešne obavijesti.

Tijekom uzimanja podataka za osobe koje su u uzročnoj vezi s nesrećom, potrebno je vozaču utvrditi ime i prezime, ime oca, JMBG ili datum rođenja, mjesto i općinu rođenja,

prebivalište, odnosno boravište, zanimanje te gdje je osoba zaposlena, naziv tvrtke i adresu, sve podatke o vozačkoj dozvoli te kojim je vozilom upravljao. Za putnike se utvrđuje u kojem su se vozilu nalazili, gdje su sjedili te također jesu li koristili sigurnosni pojas, a svi rečeni podaci se konstatiraju i unose u Zapisnik o očevidu. Sa sudionicima i svjedocima očevidima obavljaju se obavijesni razgovori te se potom 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, oštećenje [3].

### **2.3.3. Dinamička (aktivna) faza**

U dinamičkoj ili aktivnoj fazi očevida, ekipa za očevide pregledava i proučava do najmanjih detalja sve što se nalazi na mjestu događaja. U tu svrhu pojedini predmeti (koji su bili u svom prvobitnom položaju fotografirani, skicirani i opisani) mogu se pomicati da bi ih se pregledalo.

U ovoj fazi mogu se vršiti promjene, jer je stanje prethodno fiksirano, te se obavljaju izuzimanja predmeta u slučaju iskazivanja potrebe za vještačenjem. U ovoj fazi dolazi do otkrivanja zaklonjenih tragova (ispod prevrnutog vozila i sl.). Nađene predmete koji su u vezi s prometnom nesrećom, detaljno se pregledava i potom izuzima uz prethodno fiksiranje u slučaju potrebe.

Kriminalistički tehničar mora izmjeriti, fiksirati, fotografirati i zapisati sve elemente značajne za tehnički opis mjesta događaja. Navedeni podaci naknadno se unose u Zapisnik o očevidu, u opis mjesta nesreće, tragova i položaj nastradalih. Posebnu pozornost tijekom rada treba obratiti na okolnosti koje se razlikuju od uobičajenog shvaćanja o tome što se u sličnim nesrećama obično vidi, a u konkretnom slučaju nije uočeno. Iste okolnosti treba unijeti u Zapisnik o očevidu. U ovoj fazi očevida obavljaju se prometno-kriminalistički pokusi radi provjere okolnosti činjenica ili iskaza, a to može biti: probno kočenje, ispitivanje efekta svjetla na valovitom kolniku, refleksija svjetla od glatke površine i sl [3].

### **2.3.4. Kontrolno-završna (finalna) faza**

U kontrolnoj fazi ekipa za očevide rezimira rezultate obavljenog očevida te u slučaju određenog propusta, pokušava to nadoknaditi. Tada se imaju u vidu najčešće prethodne

pogreške kao što su površan pregled mjesta nesreće, nekvalitetno fiksiranje tragova, ne izuzimanje tragova s vozila, neutvrđivanje svih podataka o opremi ceste, signalizaciji itd.

U završnoj fazi se odlučuje kamo proslijediti izuzete predmete i tragove (na vještačenje, pohranu i dr.). Nakon obavljenog očevida, potrebno je stanje kolnika dovesti u stanje koje je prethodilo nesreći te na siguran način ukloniti vozila i tragove krhotina stakla i plastike, isprati tragove krvi i ulja, izvijestiti o nužnosti žurnog popravka ili postavljanja prometne signalizacije te omogućiti nesmetano odvijanje toka prometa [3].

## **2.4. Tragovi nastali u prometnim nesrećama**

Kod svake prometne nesreće, bez obzira na koji je način došlo do nje i na koji način se dogodila, na mjestu nesreće te na sudionicima nastaju specifični tragovi. Izgled i raspored tragova ovisi prvenstveno o vrsti nesreće, što pri pronalaženju tih tragova treba imati posebno u vidu. [9]

Na mjestu prometne nesreće svi se tragovi moraju propisno obilježiti i dokumentirati. Mogu se obilježavati kredom ili bojom, no osim toga mogu se i obilježavati ljepljivim trakama ili fiksiranjem. Pri obilježavanju i dokumentiranju tragova kao prioritet se uzimaju tragovi koji mogu nestati uslijed atmosferskih prilika, npr. Sušenje mokrih tragova uslijed jakog sunca. Kod tragova na mjestu prometne nesreće koji su podložni atmosferskim promjenama (kiša, snijeg, vjetar i sl.) potrebno je, osim obilježavanja, dodatno ih zaštititi kako bi ostali nepromijenjeni do završetka očevida [3].

Općenita podjela tragova kod prometnih nesreća:

- Tragovi pneumatika
- Tragovi dijelova vozila
- Tragovi osoba
- Tragovi na vozilima i u njemu

### **2.4.1. Tragovi pneumatika**

Određuju se prvenstveno kroz materijalnu točku početka i završetka traga. Materijalna točka je sredina početka odnosno završetak traga. Pod tragove pneumatika smatramo tragove vožnje, kočenja, zanošenja, klizanja i drugi nepravilni tragovi [3].



### 2.4.1.1. Tragovi vožnje

Tragovi vožnje su tragovi koji nastaju pri ne zakočenom kotrljanju kotača na kolniku odnosno nastaju utiskivanjem ili otiskivanjem profila gazećeg sloja gume kotača u podlogu po kojoj se kotači kreću. Njihova pojava ovisi o strukturi kolničkog zastora, njenom aktualnom stanju (prašina, ulje, voda na kolniku), tvarima kroz koje je vozilo prošlo prije dolaska na određeni dio kolnika, klimastim prilikama (visoka ljetna temperatura i "razmekšanost" kolnika, snijeg na kolniku), svojstvima okolnog terena (pristup s makadamskog puta, blato) te osobitostima vozila i guma (preopterećenost, jasno ili slabo izražen profil). Po svom obliku tragovi vožnje se pojavljuju kao utisnuća ili otisci. Ako je podloga mekana ostaju udubljenja (utisak), a ako je podloga tvrda ostaju ispupčenja (otisak). Utisnuće je gotovo uvijek bitno jačeg intenziteta od otiska [9], [10].



Slika 1. Tragovi vožnje u snijegu [12]

Trajanje tragova vožnje ovisi o strukturi nositelja traga. Kao nositelje u kojima tragovi vožnje iznimno brzo propadaju jesu: suh ili vlažan pijesak, debela prašina, mokr snijeg, dok se trajnima pokazuju: beton, ljudsko tijelo, bitumen, čvrsta zemlja. Kod pojedinih se struktura mijenja trag (vlažna zemlja, ilovača), drugdje se lako izbrišu (prašina, rastresito tlo) [11].

Tragovi vožnje su rijetki, a budući da je njihovo značenje veliko, trebalo bi nastojati da ih se pravodobno otkrije i temeljito obradi. Značaj tragova vožnje je u tome što može služiti identifikaciji vozila, zatim on ukazuje na smjer kretanja vozila, a ponekad i osobine kretanja vozila (prelazak na drugu prometnu traku i sl.) [11].

Svrha ovog diplomskog rada je da se primjenom bespilotne letjelice brže i učinkovitije odvija proces uviđaja prometne nesreće. Kod tragova vožnje moguće je koristiti bespilotnu

letjelicu te se na taj način može utvrditi o kojem se vozilu radi tese može utvrditi i smjer kretanja vozila.

#### **2.4.1.2. Tragovi kočenja**

Tragove kočenja ostavljaju djelomično ili potpuno blokirani kotači vozila. Kada nastupi kočenje, kotači vozila se više ne okreću slobodno, već ovisno o brzini i intenzitetu porasta pritiska u uređaju za kočenje, dobivaju sve veću zadržku dok ne budu potpuno blokirani [9].

Jasnoća traga kočenja ovisi o: tipu guma, sastavu kolničkog zastora, atmosferskim prilikama, posebice o temperaturi zraka, vlažnosti te o kočionom mehanizmu vozila. Kakav će trag kočenja ostaviti guma kotača vozila na podlozi ovisi o vrsti i stanju podloge [10].

Trag kočenja nastaje kao posljedica intenzivnog kočenja vozila pri čemu se kinetička energija vozila putem trenja između kočionih ploha, odnosno pneumatika i podloge pretvara u toplinu. Trag kočenja ne ostaje jednak na istoj vrsti podloge ako je stanje te podloge različito. Izgled traga neće biti jednak na suhoj i na mokroj te na čistoj i prljavoj podlozi [3], [10].

Vidljivi tragovi kočenja ostaju na kolniku u fazi maksimalnog usporenja vozila ili na završetku reagiranja kočionog sustava odnosno na početku faze potpunog kočenja vozila. Rasprostranjenost prvi tragovi kočenja odgovaraju prednjim kotačima vozila. Od te točke mjeri se dužina puta kočenja [10].

Za razliku od tragova vožnje, trag kočenja ima veću postojanost. To omogućava da se u svakom konkretnom slučaju vjerojatnosti njegova postojanja utvrdi, detaljno obradi, opiše, snimi i izmjeri [11].



**Slika 2. Trag kočenja neblokiranih kotača vozila [13]**

Tragovi kočenja vozila koja su opremljena ABS (Anti-lock braking system) sustavom, drugačiji su iz razloga što navedeni sustav u uvjetima forsiranog kočenja sprječavanje blokiranja kotača. Zbog toga je bitno, prilikom obavljanja očevida, pouzdano utvrditi sa kakvim je kočionim mehanizmom vozilo opremljeno [11].

Tragovi kočenja mogu biti u pravcu ili u luku te od jednih kotača mogu biti duži, a od drugih kraći. Tragovi u obliku luka najčešći su kada kotači na jednoj strani vozila imaju veći učinak kočenja od kotača na drugoj strani vozila. Razlika u dužini tragova kočenja može se sresti i kod tragova kočenja u pravcu, ako su kotači ili kotač s jedne strane vozila bili prije blokirani od kotača s druge strane vozila [9].

Trag kočenja sa blokiranim kotačima nastaje potpunim proklizavanjem. Prema intenzitetu takav trag je puno jači odnosno uočljiviji od traga kočenja opremljenim s ABS sustavom. On ostaje vidljiv na gotovo svim vrstama kolničkih površina. Ima oblik glatkog crnog poteza na tvrdom kolničkom zastoru, a na asfaltu posve crnih ili crno sivih pruga. Trag blokirajućeg kočenja nije prikladan identifikacijski trag [11].



Slika 3. Tragovi kočenja s blokiranim kotačima [14]

Kod tragova kočenja s blokiranim i neblokiranim kotačima može se koristiti bespilotna letjelica te se primjenom iste može utvrditi jesu li tragovi kočenja u pravcu ili u luku, može se izmjeriti dužina tragova te jesu li kotači bili blokirani li nisu bili blokirani.

#### **2.4.1.3. Tragovi zanošenja**

Tragovi zanošenja su posljedica nagle promjene smjera vožnje, intenzivnog kočenja pri skretanju vozila, različitog usporavanja pojedini kotača pri kočenju (ispravnog ili neispravnog sustava za kočenje), različitog trenja pojedinih kotača i podloge (npr. dio kolnika prekriven šljunkom, pijeskom, uljem, lišćem) ili različite vrste i stanja pneumatika na kotačima iste osovine. Tragovi zanošenja mogu nastati na svim vrstama i stanjima podloga (asfalt-suh ili mokar, bankina, zemljana površina i sl.). Tragovi zanošenja mogu nastati nakon traga vožnje, traga kočenja i/ili traga blokiranja.



**Slika 4. Tragovi zanošenja [15]**

Tragovi zanošenja nastaju pri istovremenom translatorsnom kretanju i rotaciji vozila oko okomice kojom prolazi težištem. Posljedica su istovremenog djelovanja kinetičke energije i centrifugalne sile. Karakterističan je raspored tragova kotača s obzirom na uzdužnu i poprečnu preraspodjelu težine. Karakterističan je jači otisak vanjskog ruba traga. Na mekanoj podlozi vidljivo je povišenje ruba vanjskog ruba traga. Brzina vrtnje svakog kotača je različita sve do graničnog slučaja kada je težišni pomak vozila potpuno okomit na uzdužnu os vozila pa su kotači zaustavljeni [3].

Primjenom bespilotne letjelice može se utvrditi radi li si o tragovima zanošenja te isti mogu biti izmjereni.

#### **2.4.1.4. *Tragovi klizanja***

Tragovi klizanja nastaju kada se vozilo kreće i zbog skliskosti kolničkog zastora kotači nemaju mogućnost zahvatiti tu površinu što uzrokuje blokiranje kotača te od tuda na kolniku nastaju tragovi koji su oblikom slični tragovima kočenja s blokiranim kotačima. Na kolniku se trag klizanja pojavljuje kao potez. Trag klizanja, u pravilu se pojavljuje na skliskom, iznimno na suhom kolniku. Može biti jasno izražen u obliku kosih pruga koje su jednako udaljene jedna od druge, ali prema konkretnim okolnostima, posve teško zamjetljiv [11].



Slika 5. Tragovi klizanja [15]

#### 2.4.2. Tragovi dijelova vozila

Kod naleta, sudara i slijetanja vozila s kolnika na mjestu nesreće, osim tragova kotača, ostaju tragovi struganja dijelova vozila, čestice boje vozila, krhotine stakla, krhotine plastike, otkinuti dijelovi vozila, tragovi prevrtanja, tragovi tekućine, zemlja, blata, prtljaga [9].

Kod tragova struganja vozila bitno je utvrditi koji dio vozila je ostavio trag te točno odrediti početak tog traga.

Kod naleta vozila na pješaka vrlo je bitno odrediti točan položaj prvih čestica boje vozila zbog toga što te čestice mogu poslužiti za otkrivanje mjesta naleta.

Kod krhotina stakla i plastike na mjestu nesreće bitno je utvrditi od čega potječu te zonu rasipanja posebice početak rasipanja tih krhotina. U slučaju da su krhotine pomiješane, na primjer od vjetrobranskog stakla te retrovizora, treba utvrditi početak rasipanja i jednih i drugih krhotina kako bi se utvrdilo mjesto naleta [3].



**Slika 6. Tragovi dijelova vozila [16]**

Na mjestu sudara vozila te na mjestu zaustavljanja nakon sudara mogu se naći prašina, zemlja i blato koje je otpalo s vozila te je potrebno utvrditi njihov položaj radi utvrđivanja mjesta naleta.

Raspored drugih tragova, kao što su otpali dijelovi vozila, tragovi tekućine, prtljaga i slično, po mjestu nesreće mogu poslužiti za određivanje pravca i smjera kretanja vozila poslije naleta ili sudara [9].

Fotografije koje dobijemo primjenom bespilotne letjelice mogu jasno utvrditi gdje se koji trag nalazi, kao što su otpali dijelovi vozila, tragovi tekućine, krhotine stakla i plastike i slično, te koliko je svaki od tih tragova udaljen.

### **2.4.3. Tragovi osoba**

Kod naleta vozila na pješake, bicikliste i motoriste na mjestu nesreće ostaju tragovi tijela, krvi te otisci tijela na mekanoj podlozi. Uz nabrojane tragove na mjestu nesreće mogu ostati i razasuti otpali dijelovi odjeće i obuće te predmeti koje su nosili ili vozili pješaci, biciklisti ili motoristi.



**Slika 7. Tragovi krvi te razasuti otpali dijelovi odjeće i obuće [17]**

Neki od predmeta, osobito kapa, šešir i slično mogu poslužiti u određivanju mjesta naleta na pješaka, ukoliko nisu pomicali nakon nesreće. Kod ispadanja putnika iz vozila tijekom sudara ili prevrtanja, mjesto i položaj nakon ispadanja iz vozila, mogu poslužiti za utvrđivanje rasporeda sjedenja putnika u vozilu u trenutku nesreće odnosno može poslužiti za utvrđivanje osobe koja je bila za upravljačem [3].

Kod tragova osoba moguće je koristiti bespilotnu letjelicu te je kao i kod utvrđivanja ostalih tragova njena uloga velika i kod ovih tragova iz tog razloga što se pomoću nje može izmjeriti koliko su neki predmeti udaljeni od vozila, isto tako je jasno vidljivo iz fotografija od bespilotne letjelice kakav je položaj putnika nakon ispadanja iz vozila te se na taj način može utvrditi raspored sjedenja putnika u vozilu.

#### **2.4.4. Tragovi na vozilu i u njemu**

Prilikom naleta na pješaka, bicikl ili motorkotač na vozilu ostaju tragovi krvi, tkiva, strugotine i oštećenja, dok kod sudara i naleta na prepreku ostaju oštećenja i strugotine s vanjske strane vozila, a u unutrašnjosti vozila ostaju posredna oštećenja i deformacije. Od putnika, u vozilu ostaju oštećenja, tragovi tkiva, krvi, kose i drugo [3].

Bitno je da se svi tragovi, prilikom očevida detaljno fotografiraju i opišu kako bi se tokom vještačenja mogli utvrditi međusobne podudarnosti oštećenja kod sudara vozila ili naleta na prepreku te međusobna podudarnost između oštećenja vozila i povreda pješaka, biciklista,



motorista ili putnika u vozilu. Ako se u vozilu nalaze poginuli putnici, bitno je utvrditi i dokumentirati položaje u kojima su zatečeni nakon nesreće. Potrebno je također obratiti pažnju na stanje sigurnosnog pojasa i zračnih jastuka u vozilu nakon prometne nesreće. Utvrđivanjem stanja zračnih jastuka (aktivirani-neaktivirani) omogućava se kasnije točnije utvrđivanje kuta sudara i gubitka brzine vozila u sudaru.



**Slika 8. Tragovi na vozilu i u njemu [18]**

Prema zategnutosti pojasa se jednostavno, u tijeku očevida utvrđuje dali je osoba u vozilu bila vezana ili ne. Kod dvostupanjskih upravljačkih jedinica može se aktivirati samo sigurnosni pojas bez aktiviranja zračnih jastuka. Kod vozila opremljenih senzorom ispod sjedala neće se aktivirati ni zračni jastuk ni sigurnosni pojas ako u suvozačkom sjedalu nitko ne sjedi (neće se aktivirati ni ako je isključen) [3].

Prednost primjene bespilotne letjelice je što može fotografirati iz različitih kuteva i isto tako s različitih visina te se na taj način mogu lako fotografirati svi tragovi iz kojih je vidljivo na primjer kakva su oštećenja i strugotine s vanjske strane vozila.

### 3. SUSTAVI BESPILOTNIH LETJELICA

Svjedoci smo velikog razvoja tehnologije i znanosti tijekom posljednjih desetljeća, a sve je to posljedica modernog društva kakvom težimo. Primjer tehnoloških dostignuća su i bespilotne letjelice koje nisu novost na području inovacija jer postoje već duže vrijeme. Tijek razvoja bespilotnih letjelica uglavnom je bila tajna jer sam razvoj takve tehnologije bio je od posebnog interesa vojnim institucijama. Primjena je bila bazirana na nadgledanju ili takozvanom špijuniranju, ali s vremenom bespilotne letjelice pronalaze i svoju primjenu u civilnim svrhama te se pokazuju jako korisnima [19].

Bespilotne letjelice su po svojoj definiciji sve letjelice koje imaju mogućnost obitavanja u zraku bez posade te mogućnost da se njima upravlja. U slučajevima kriznih situacija bespilotne letjelice mogu brzo reagirati i trenutno prikupiti podatke te tako pravodobno pomoći prilikom donošenja ključnih odluka. Također, pomažu u nadzoru industrijskih objekata i njegovih kritičnih mjesta. Osim prikupljanja informacija o stanju na terenu, u posljednje vrijeme sve je veća potreba za mjernim podatkom do kojeg se može doći putem upotrebe bespilotnih letjelica i metoda daljinskih istraživanja [20].

Postoji veliki broj različitih tipova bespilotnih letjelica s različitim mogućnostima, ovisno o potrebama samih korisnika. Nekoliko različitih skupina zatražilo je stvaranje referentnog standarda za međunarodnu UAV zajednicu (eng. Unmanned Aerial Vehicles UAV).

Europska zajednica za bespilotne letjelice (eng. European Association of Unmanned Vehicles Systems – EUROUVS) kreirala je klasifikaciju bespilotnih letjelica na osnovu sljedećih parametara:

- visina leta
- trajanje leta
- brzina
- maksimalna nosivost
- veličina letjelice
- domet signala i dr. [19]

Osnovni zahtjevi koje bespilotne letjelice moraju zadovoljiti da bi se mogle koristiti su:

- mogućnost izvođenja projektiranog plana leta s visokom točnošću
- mogućnost nosivosti opreme za snimanje i navigaciju
- autonomija leta letjelice
- smanjenje vibracija i ostalih vanjskih utjecaja tijekom leta [19]

Samostalno upravljanje letjelicom doprinosi:

- većoj stabilnosti letjelice
- točnijoj poziciji registracije snimaka
- operatoru omogućuje trenutnu kontrolu kvalitete pregledom kutova nagiba, pozicije i pokrivanja terena snimkom
- štedi na vremenu snimanja

Nedostaci samostalnog upravljanja letjelcom su:

- nemogućnost uočavanja i izbjegavanja raznih prepreka prilikom izvođenja leta (ptice, vodovi dalekovoda, visoki objekti i antene, visoka vegetacija i dr.)
- ograničenje udaljenosti zemaljske upravljačke stanice od same letjelice
- zakonodavna ograničenja pojedinih država koja onemogućuju dobivanje dozvola za izvođenje takvih letova [20]

Osobe koje bi bile ovlaštene za korištenje bespilotnih letjelica prilikom očevida prometne nesreće morale bi koristiti bespilotne letjelice sukladno Pravilniku o sustavima bespilotnih letjelica. U nastavku slijedi izvadak iz Pravilnika o sustavima bespilotnih letjelica.

### **3.1. Pravilnik o sustavima bespilotnih letjelica**

Odredbe Pravilnika o sustavima bespilotnih letjelica propisuju opće, tehničke i operativne zahtjeve primjenjive na sustave bespilotnih letjelica, operativne mase bespilotne letjelice do i uključujući 150 kilograma koji se koriste u Republici Hrvatskoj [21].

Odredbe Pravilnika o sustavima bespilotnih letjelica ne primjenjuju se na sustave bespilotnih letjelica kada se koriste za državne aktivnosti (vojne, policijske, carinske, potrage i spašavanja, gašenja požara, obalne straže i slično), osim u dijelu pravila letenja, propisanih Dijelom 2 ovog Pravilnika [21].

Bespilotne letjelice kojima se izvode letačke operacije s obzirom na operativnu masu, dijele se na:

- Klasa 5: do 5 kilograma
- Klasa 25: od 5 do 25 kilograma
- Klasa 150: od 25 do i uključujući 150 kilograma

U odnosu na izgrađenost, naseljenost i prisutnost ljudi, područja letenja dijele se na klase:

- Klasa I – neizgrađeno područje: područje u kojem nema izdignutih građevina ili objekata i u kojem nema ljudi, osim rukovatelja i osoblja koje je nužno za letenje
- Klasa II – izgrađeno nenaseljeno područje: područje u kojem postoje pomoćni gospodarski objekti ili građevine koje nisu namijenjene za boravak ljudi i u kojem nema ljudi, osim rukovatelja i osoblja koje je nužno za letenje. Dozvoljen je samo povremeni prolazak, bez zadržavanja ljudi kroz područje (biciklisti, šetači i sl.)
- Klasa III – naseljeno područje: područje u kojem postoje građevine ili objekti primarno namijenjeni za stanovanje, poslovanje ili rekreaciju (stambene zgrade, stambene kuće, škole, uredi, sportski tereni, parkovi i slično)
- Klasa IV – gusto naseljeno područje: područje uskih urbanih zona (središta gradova, naselja i mjesta)

Kategorija letačkih operacija određuje se razinom rizika koji njihovo izvođenje predstavlja za okolinu [21].

Tablica 1. Kategorije letačkih operacija [21]

Klasa sustava bespilotnog zrakoplova	Klasa područja izvođenja letenja			
	I Neizgrađeno područje	II Izgrađeno nenaseljeno područje	III Naseljeno područje	IV Gusto naseljeno područje
<b>5</b> OM < 5 kg	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>25</b> 5 ≤ OM < 25 kg	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>150</b> 25 ≤ OM ≤ 150 kg	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>D</b>

Iznimno se letenje iznad skupine ljudi ili iznad iznad industrijskog područja u kojem uslijed pada bespilotne letjelice postoji mogućnost zapaljenja ili eksplozije smatra izvođenjem letačkih operacija kategorije D.

Letenje bespilotne letjelice mora se izvoditi sukladno primjenjivim propisima za korištenje zračnog prostora Republike Hrvatske i odredbama Pravilnika o sustavima bespilotnih letjelica.

Rukovatelj mora osigurati da se let bespilotne letjelice izvodi na način da ne predstavlja opasnost po život, zdravlje ili imovinu ljudi zbog udara ili gubitka kontrole nad sustavom bespilotne letjelice i da ne ugrožava ili ne ometa javni red i mir.

Rukovatelj mora:

- Osigurati da se let bespilotne letjelice odvija danju
  - Prije leta provjeriti i uvjeriti se u ispravnost sustava bespilotne letjelice
  - Prikupiti sve potrebne informacije za planirani let i uvjeriti se da meteorološki i ostali uvjeti u području leta osiguravaju sigurno izvođenje leta
  - Osigurati da je sva oprema ili teret na bespilotnoj letjelici odgovarajuće pričvršćen na način da ne dođe do njegovog ispadanja
  - Osigurati da bespilotna letjelica tijekom uzlijetanja ili slijetanja sigurno nadvisuje sve prepreke
  - Tijekom leta osigurati sigurnu udaljenost bespilotne letjelice od ljudi, životinja, objekata, vozila, plovila, drugih letjelica, cesta, željezničkih pruga, vodenih putova ili dalekovoda, ne manju od 30 metara
  - Osigurati da je minimalna udaljenost bespilotne letjelice od skupine ljudi 150 metara
  - Osigurati da se let bespilotne letjelice odvija unutar vidnog polja rukovatelja i na udaljenosti ne većoj od 500 metara od rukovatelja
  - Osigurati da se let bespilotne letjelice odvija izvan kontroliranog zračnog prostora
  - Osigurati da se let bespilotne letjelice odvija na udaljenosti najmanje 3 km od aerodroma i prilazne ili odlazne ravnine aerodroma, osim u slučaju kada su posebno predviđene procedure za letenje bespilotnih letjelica definirane napatkom za korištenje aerodroma
  - Osigurati da se tijekom leta iz ili s bespilotne letjelice ne izbacuju predmeti
- [21]

Prilikom izvođenja letačkih operacija rukovatelj je odgovoran da sa sobom ima sljedeće dokumente:

- Letački priručnik ili upute za upotrebu sustava bespilotne letjelice
- Izvornik ili ovjerenu presliku odobrenja za izvođenje letačkih operacija, ako je primjenjivo
- Policu osiguranja, kada je primjenjivo
- Za kategorije A i B letačkih operacija, dokaz o poznavanju primjenjivih zrakoplovnih propisa, psihofizičkoj sposobnosti i osposobljenosti za upravljanje tipom/modelom sustava bespilotne letjelice u skladu s Dodatkom ovog Pravilnika
- Za kategorije Ci D letačkih operacija:
  - Operativni priručnik
  - Dokaz o osposobljenosti za upravljanje sustavom u skladu s Dodatkom ovog Pravilnika
  - Pilotsku dozvolu ili potvrdu o položenom teorijskom ispitu iz poznavanja pravila letenja koji provodi Agencija
  - Dokaz o psihofizičkoj sposobnosti u skladu s Dodatkom ovog Pravilnika, za upravljanje sustavom bespilotne letjelice [21]

Operativni zahtjevi za izvođenje letačkih operacija					
Kategorija operacija	A		B	C	D
Zahtjev					
Dob rukovatelja	Navršenih 16 godina		Navršenih 18 godina		
Psihofizička sposobnost	Izjava rukovatelja ili Certifikat o zdravstvenoj sposobnosti Klase I ili II, ili liječničko uvjerenje o zdravstvenoj sposobnosti za upravljanje vozilima koje se izdaje vozačima kojima upravljanje vozilom nije osnovno zanimanje, a koje nije starije od 5 godina			Certifikat o zdravstvenoj sposobnosti Klase I ili II, ili liječničko uvjerenje o zdravstvenoj sposobnosti za upravljanje vozilima koje se izdaje vozačima kojima upravljanje vozilom nije osnovno zanimanje, a koje nije starije od 5 godina	
Poznavanje primjenjivih zrakoplovnih propisa	Izjava rukovatelja ili Pilotska dozvola ili potvrda o položenom teorijskom ispitu koji provodi Agencija			Pilotska dozvola ili potvrda o položenom teorijskom ispitu koji provodi Agencija	
Osposobljenost za upravljanje sustavom	Izjava rukovatelja				
Tehnički zahtjevi za izvođenje letačkih operacija					
Kategorija operacija	A	B	C	D	
Zahtjev					
Sustav upravljanja	Kodirani digitalni prijenos podataka	Kodirani digitalni prijenos podataka, umjetna stabilizacija - osim za prirodno stabilne avione i cepeline	Kodirani digitalni prijenos podataka, umjetna stabilizacija te navigacija s povratkom kući (RTH)	Kodirani digitalni prijenos podataka, umjetna stabilizacija, navigacija s povratkom kući (RTH) i automatskom putanjom leta s definiranjem zabranjenih zona	
Prikaz telemetrijskih parametara rukovatelju	Nije primjenjivo	Jačina radio-signala, napon napajanja, potrošnja struje	Jačina radio-signala, broj GPS satelita, napon napajanja, potrošnja struje, udaljenost i smjer prema rukovatelju, visina, brzina, smjer, prikazivanje kvara/ prikazivanje rada rezervnog sustava	Jačina radio-signala, broj GPS satelita, napon napajanja, potrošnja struje, udaljenost i smjer prema rukovatelju, visina, brzina, smjer, prikazivanje kvara/ prikazivanje rada rezervnog sustava	
Sigurnosni sustav	Nije primjenjivo		Padobran, kinetička energija pri spuštanju mora biti <79 J, aktivacija padobrana mora biti nezavisna od glavnog napajanja, automatska aktivacija u slučaju gubitka napajanja		
Najmanji broj motora multikoptera	Nije primjenjivo	6 Napomena: smatra se prihvatljivim i manji broj motora pod uvjetom da je multikopter opremljen padobranom. Kinetička energija pri spuštanju mora biti <79 J, aktivacija padobrana mora biti nezavisna od glavnog napajanja.	8	8	
Bitne funkcije/sustavi koje ne smije ugroziti pojedini kvar - potrebna je analiza kvarova (FMEA).	Nije primjenjivo		Napajanje, prijem signala, umjetna stabilizacija i upravljanje letom	Napajanje, prijem signala, umjetna stabilizacija i upravljanje letom, GPS, magnetometar	
Dokazivanje sukladnosti sa certifikacijskim specifikacijama	Nije primjenjivo			Masa >=5kg: Agenciji se dokazuje sukladnost sa certifikacijskim specifikacijama za odgovarajuću vrstu sustava bespilotnog zrakoplova (npr. CS-LUAS, CS-LURS, CS-(airship) ili odgovarajućima, prihvatljivima Agenciji)	
Obavljanje analize kvarova i njihovog utjecaja - FMEA (eng. <i>Fault Mode Effect Analysis</i> ), u skladu s DODATKOM 6 ovog pravilnika	Nije primjenjivo		Samovrednovanje - tabelu analize čuvati, Agenciji dostaviti izjavu, ponoviti u slučaju modifikacija	Masa <5kg: samovrednovanje - tabelu analize čuvati, Agenciji dostaviti izjavu, ponoviti u slučaju modifikacija, a samovrednovanje dostaviti Agenciji na prihvaćanje	
Obavljanje pregleda, opsluživanje i održavanje UAS	Nije primjenjivo		Prema listama provjere u skladu sa uputama proizvođača, ako nema uputa od proizvođača mora razviti vlastite, o svim obavljenim radovima čuvati zapise 3 god.		

Slika 9. Operativni i tehnički zahtjevi za izvođenje letačkih operacija [21]

### 3.2. DJI PHANTOM 4

Bespilotne letjelice su prepoznate kao tehnologija budućnosti te se već sada u nekim dijelovima svijeta koriste za potrebe uviđaja prometnih nesreća. Jedna od bespilotnih letjelica koja se koristi kod primjene uviđaja prometnih nesreća je DJI PHANTOM 4.

DJI je vodeći proizvođač dronova u svijetu za razne namjene. Phantom 4 je najnoviji proizvod koji izvrsno odrađuje zadane zadatke preciznog snimanja. DJI Phantom 4 je izrazito jednostavan u pripremi za misiju i u samom letu [22].



Slika 10. DJI Phantom 4 [22]

Opremljen je žiroskopom, 4K kamerom, pouzdanim autopilotom, snažnim motorima kao i prednjim sensorom za rano otkrivanje prepreka. Težina letjelice iznosi 1,3 kilograma s baterijom te osigurava 30 minuta leta s automatskim polijetanjem i slijetanjem. Uz to također ima i ručni mod letenja.

DJI Phantom 4 potpuno je automatiziran, kompletan sustav te osigurava visoku točnost snimanja iz zraka kamerom s 20 Mpix. Osim automatskog navođenja moguće je upravljati i ručno putem velikodometnog daljinskog kontrolera kao i snimati fotografije pod kutem ( za bočne strane objekata). Operateru je na raspolaganju više sigurnosnih susatava radu očuvanja integriteta letjelice. GPS sustav prima GPS i GLONASS signale.





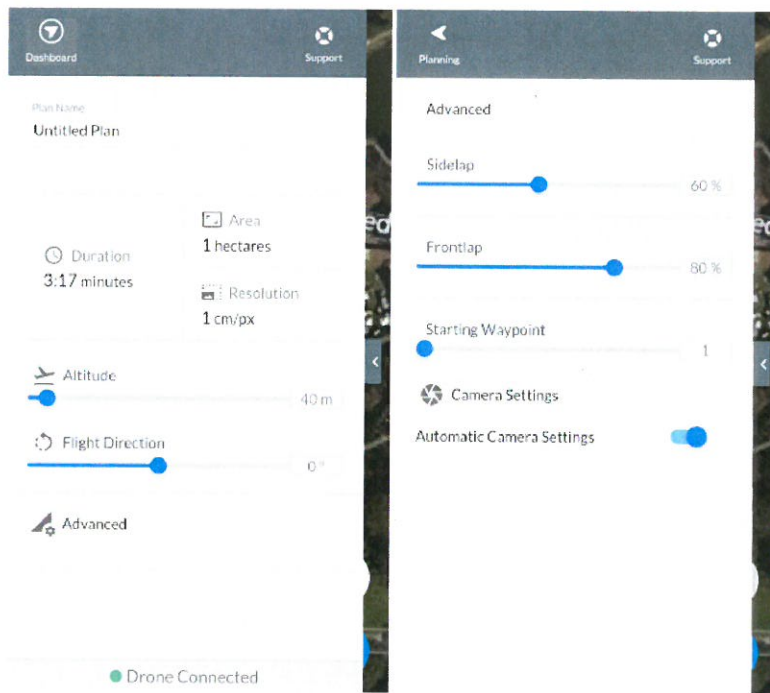
**Slika 11. Ručno i automatsko upravljanje [22]**

Visoka pouzdanost ovog sustava osigurana je s 4 neovisna motora s rotorima od izdržljivog materijala. Upravljanje dronom izvodi se s daljinskim kontrolerom dometa 7 kilometara kao i pogled iz kamere putem mobilnog telefona, tableta i slično (Andorid, iOS).

Maksimalna brzina ove bespilotne letjelice iznosi 20m/s te ima mogućnost praćenja objekta u pokretu koristeći ActiveTrack. Uz praćenje objekata postoji i funkcija TapFly odnosno ona omogućuje letenje putem zaslona na dodir. Sve što upravljač treba napraviti je obilježiti na ekranu odredište i poslati bespilotnu letjelicu na to odredište. Ukoliko se želi promijeniti odredište samo se obilježi novo odredište na ekranu te ako postoje prepreke na putu bespilotne letjelice do odredišta postoji sustav koji automatski izbjegava prepreke. Nakon što bespilotna letjelica uoči prepreku na svom putu ona se zaustavlja ispred te prepreke pronalazi najsigurniji put to odredišta te zaobilazi prepreku. Osim toga DJI Phantom 4 Pro ima integrirani gimbal za vrhunsku stabilnost kamere te poboljšani sistem za pozicioniranje.

Na Slici je prikazana oprema bespilotne letjelice DJI Phantom 4 Pro. U kompletu su tri baterije od LiIon-Poli 5350mAh (opcija), osiguravaju i 30 minuta neovisnog leta po bateriji (ukupno do 90 minuta). Uz to se nalaze i rezervni rotori, punjači, kontroler s podešivim nosačem [22].

U kompletu uz bespilotnu letjelicu isporučuje se DJI Drone Deploy za planiranje misije mjerenja, kreiranje plana leta, podešavanje osnovnih parametara te kontrolu misije. Program potpuno automatski kreira plan leta na osnovu željenih parametara kako bi na najoptimalniji način pokrio teren iznad kojeg se izvodi let. Program se koristi na smartphone-u ili tablet-u [22].



Slika 12. DJI Drone Deploy [22]

## 4. SOFTWARE-SKI 3D ALATI ZA MODELIRANJE MJESTA PROMETNE NESREĆE

Pix4D Mapper Pro je program za izradu 2D i 3D modela (orto-foto, oblak točaka, MASH) iz fotografija. Pix4D je jedan od najraširenijih i najcjenjenijih takvih programa s najviše ponuđenih opcija. Automatski pretvara slike uzete bespilotnom letjelicom u visoko precizne, georeferencirane 2D mape (orto-foto) i 3D modele (oblak točaka, MASH).

Pix4D ima potpuno automatiziran tijek obrade te ima mogućnost izrade 3D modela većih površina, kao i linijskih objekata. Program može automatski obraditi i uklopiti snimke koje su snimane pod nekim kutom odnosno one koje nisu ortografske te je rezultat toga 3D model bez mrtvih kuteva. 3D podaci iz Pix4D programa mogu se izvesti u sve poznate CAD i 3D programe za daljnju obradu, iscertavanje, projektiranje i slično. Kombinacijom Pix4D Mapper Pro programa i DJI Phantom 4 bespilotne letjelice dobili smo vrhunski, precizni i jednostavan sustav za precizna snimanja iz zraka koji si može priuštiti svaki projektantski ured [23].

Pix4D posjeduje i mobilnu aplikaciju Pix4Dcapture koja se koristi za planiranje leta za rad na terenu, pregled leta i optimalno snimanje podataka.

### 4.1. Upotreba mobilnih aplikacija za izradu 3D modela mjesta prometne nesreće

U ovom diplomskom radu korištena je mobilna aplikacija programskog alata Pix4DCapture.



Slika 13. Sučelje mobilne aplikacije

Otvaranjem mobilne aplikacije određuje se područje interesa odnosno područje na kojem će bespilotna letjelica uzeti fotografije.

Postoji više vrsta uzimanja fotografija pomoću bespilotne letjelice, rešetkasto uzimanje, dvostruko rešetkasto, kružno, poligonalno te slobodan let. Osim toga neke od opcija su i višestruke misije, planiranje optimalnog leta te ponovno stvaranje letova. Kod višestruke misije izradi se prilagođeni plan mapiranja tako što se leti više misija u jednom projektu. Kod planiranja optimalnog leta projekti i misije se planiraju unaprijed ili na terenu. Kod ponovnog stvaranja leta dupliciraju se pojedinačne letne misije ili cjeloviti projekti za učinkovito mapiranje tijekom vremena.

Nakon otvaranja aplikacije slijedi plan leta. Jednostavno se odredi letna misija na području karte svih veličina. Prilagode se parametri mapiranja kao što je visina leta prema osobnim potrebama ili se mogu koristiti predlošci koji su već prilagođeni 2D kartama ili stvaranju 3D modela. Idući korak je pregled leta. Izbjegavanje prepoznavanja neugodnosti pregledavanjem misije. Provjere se putanje leta kao i snimljene fotografije izravno u aplikaciji. Nakon misije jednostavno se prenesu podatci za Pix4D radnim stolom ili oblakom za obradu. Analiziraju i dijele karte i modele pune razlučivosti na platformi Pix4D oblak ili se upotrijebljavaju napredni alati za uređivanje na Pix4D radnoj površini [25].

#### **4.2. Primjena AGISoft alata za izradu 3D modela mjesta prometne nesreće**

Uz programski alat Pix4D Mapper Pro postoji i Agisoft Photoscan koji se može koristiti u iste svrhe kao i Pix4D Mapper Pro.

Agisoft PhotoScan je samostalno fotogrametrijsko softversko rješenje za automatsko generiranje gustih točkastih oblaka, teksturiranih poligonalnih modela, georeferiranih pravih ortomozaika i DSM / DTM iz fotografija.

Na temelju najsuvremenije tehnologije koju je razvio Agisoft, omogućuje vrlo brzu obradu (obično u roku od nekoliko sati), pružajući istovremeno vrlo precizne rezultate (do 3 cm za antenu i do 1 mm za fotografije u blizini).

Agisoft PhotoScan je sposoban obraditi tisuće fotografija, no sva obrada se vrši na lokalnoj razini, bez potrebe prijenosa podataka izvan tvrtke, čineći ga idealnim rješenjem za obradu osjetljivih podataka.

Softverski paket ima linearni radni tijek temeljen na projektu, koji je intuitivan i lako se može savladati čak i od strane ne-stručnjaka, dok profesionalni fotogrametristi imaju potpunu kontrolu nad točnosti rezultata, a detaljno izvješće se stvara na kraju obrade [26].

Prednosti ovog programskog alata su to što daje vrlo točne i detaljne rezultate, ima potpuno automatiziran i intuitivan tijek rada, ima GPU ubrzanje za bržu obradu, obrada mreže za velike projekte, posjeduje razumno moćno standardno izdanje za umjetničke projekte te je jednostavno dijeljenje s PDF izvozom i postoji mogućnost za izravni prijenos na online resurse.

Sposobnosti Agisoft PhotoScan alata su:

- zračno i blisko područje određivanja položaja glavnih točaka
- Stvaranje i klasifikacija gustog oblaka točaka
- Prava ortomozaik i DSM / DTM generacija
- Uređivanje linije ortomozaika
- Generiranje linija visina kontura
- Georeferencija pomoću zapisnika leta i / ili GCP-a
- Automatsko otkrivanje kodiranih i nekodiranih ciljeva
- Mjerenja koordinacije / udaljenosti / područja / volumena
- Izračunavanje multispektralnih slika i izračun indeksa vegetacije
- Višenamjenski model rekonstrukcije i teksture
- Generiranje i vizualizacija hijerarhijskog popločanog modela
- 4D rekonstrukcija za dinamične scene
- Sferično širenje panorame
- Ugrađeni skriptirani Python za automatizaciju poslova
- Bez podrške za rad

Usklađenost ovog programskog alata:

- Obraduje slike iz okvira / fisheye / sfernih / cilindričnih kamera
- Izvozi rezultate u široko podržanim formatima

- Dobro radi s većinom bespilotnih letjelica
- Podržava većinu EPSG koordinatnih podesivih vertikalnih podataka
- Radi na Windowsima, Mac OS X, Linuxu [27]

U ovom diplomskom radu zbog cijene licence programskog alata Pix4D Mapper Pro korišten je programski alat Agisoft Photoscan.

### **4.3. Metodološki postupak izrade 3D modela**

Obrada slika pomoću programa PhotoScan uključuje sljedeće glavne korake:

- učitavanje fotografija u PhotoScan
- pregledavanje učitanih slika, uklanjanje nepotrebnih slika
- poravnavanje fotografija
- izgradnja gustog oblaka točaka
- izgradnja mreža (3D poligonalni model)
- stvaranje teksture
- izgradnja popločanog modela
- izgradnja digitalnog modela uzdizanja
- izgradnja ortomozaika
- izvoz rezultata

Prije pokretanja projekta pomoću programa PhotoScan preporučuje se prilagoditi postavke programa prema osobnim potrebama. Prije početka bilo kakve operacije potrebno je istaknuti fotografije koje će se koristiti kao izvor za 3D rekonstrukciju. Zapravo, same fotografije nisu učitane u PhotoScan sve dok nisu potrebne. Dakle, kada se učitavaju fotografije, označuju se samo fotografije koje će se koristiti za daljnju obradu [28].

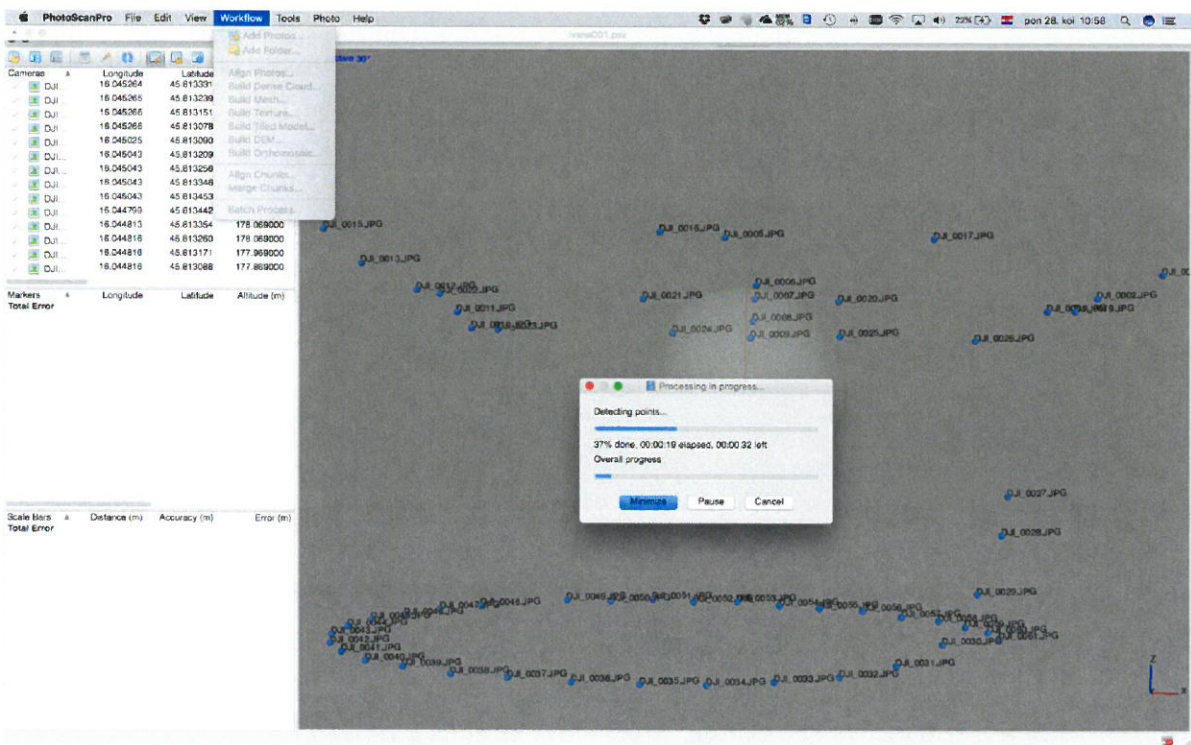
#### **4.3.1. Poravnanje fotografija**

U ovoj fazi učitavaju se fotografije koje su predhodno napravljene s mobilnom aplikacijom Pix4Dcapture . Nakon što se fotografije učitaju u PhotoScan, one moraju biti poravnate. U ovoj fazi PhotoScan pronalazi položaj i orijentaciju fotoaparata za svaku fotografiju i stvara rijetki model oblaka točaka. Nakon dovršetka poravnanja prikazat će se računalni položaji fotoaparata i rijetki oblak. Rezultati poravnanja mogu se pregledati te

ukoliko ima pogrešno postavljenih fotografija iste se mogu ukloniti. Osim toga mogu se vidjeti i podudaranja između dviju fotografija. Ukoliko su fotografije neispravno postavljene one se mogu uskladiti.

Postupkom poravnavanja fotografije upravljaju sljedeći parametri koji se mogu promijeniti ukoliko je to potrebno:

- Točnost
- Odabir parova
- Ograničenje ključne točke
- Granica graničnika
- Ograničiti značajke maske
- Prilagodljiva montaža fotoaparata [28]

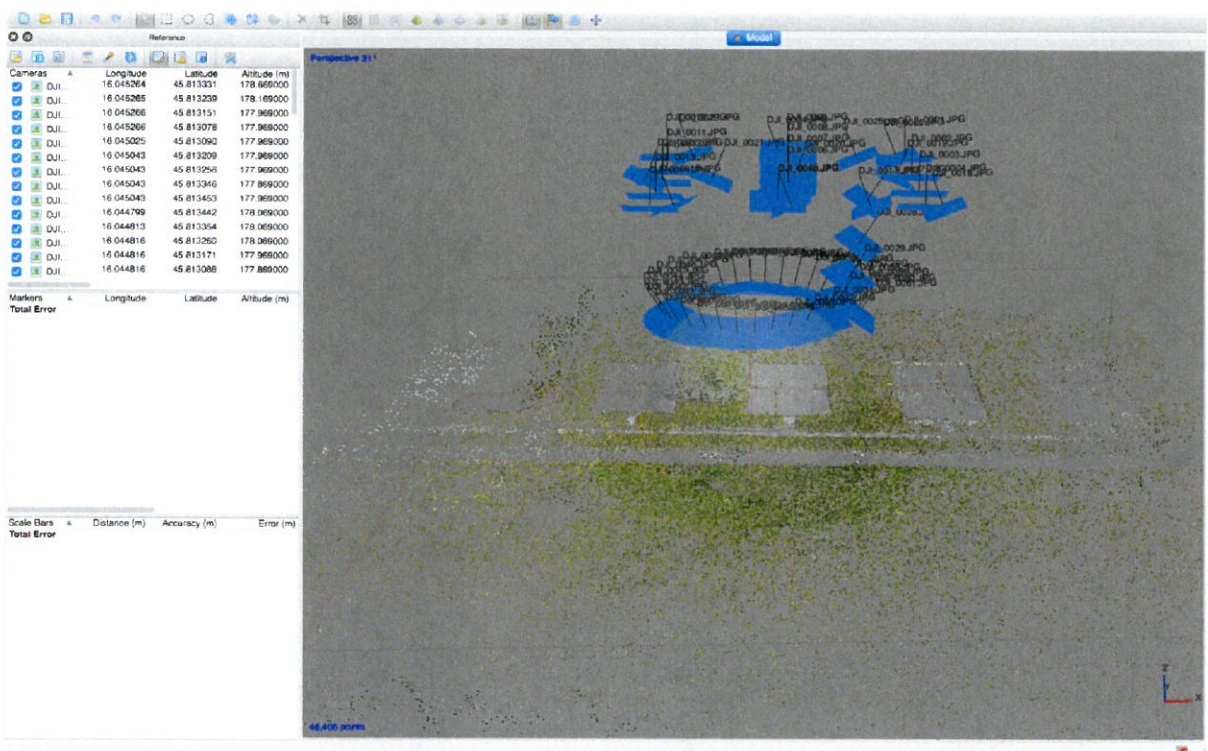


Slika 14. Faza poravnavanja fotografija u programskom alatu Agisoft PhotoScan

### 4.3.2. Izgradnja digitalnog modela uzdizanja

PhotoScan omogućuje generiranje i vizualizaciju gustog modela oblaka točaka. Na temelju procijenjenih položaja fotoaparata program izračunava dubinske informacije za svaku kameru koja se kombinira u jedan gusti oblak točaka. PhotoScan ima tendenciju stvaranja dodatnih gustih točkastih oblaka, koji su gotovo iste gustoće, ako ne i gušći, kao LIDAR oblaci točaka. Gusti oblak točaka može se uređivati i klasificirati unutar PhotoScan okruženja ili izvesti na vanjski alat za daljnju analizu.

Parametri rekonstrukcije su kvaliteta i načini filtriranja dubine [28].



Slika 15. Faza izgradnje digitalnog modela uzdizanja u programskom alatu Agisoft PhotoScan

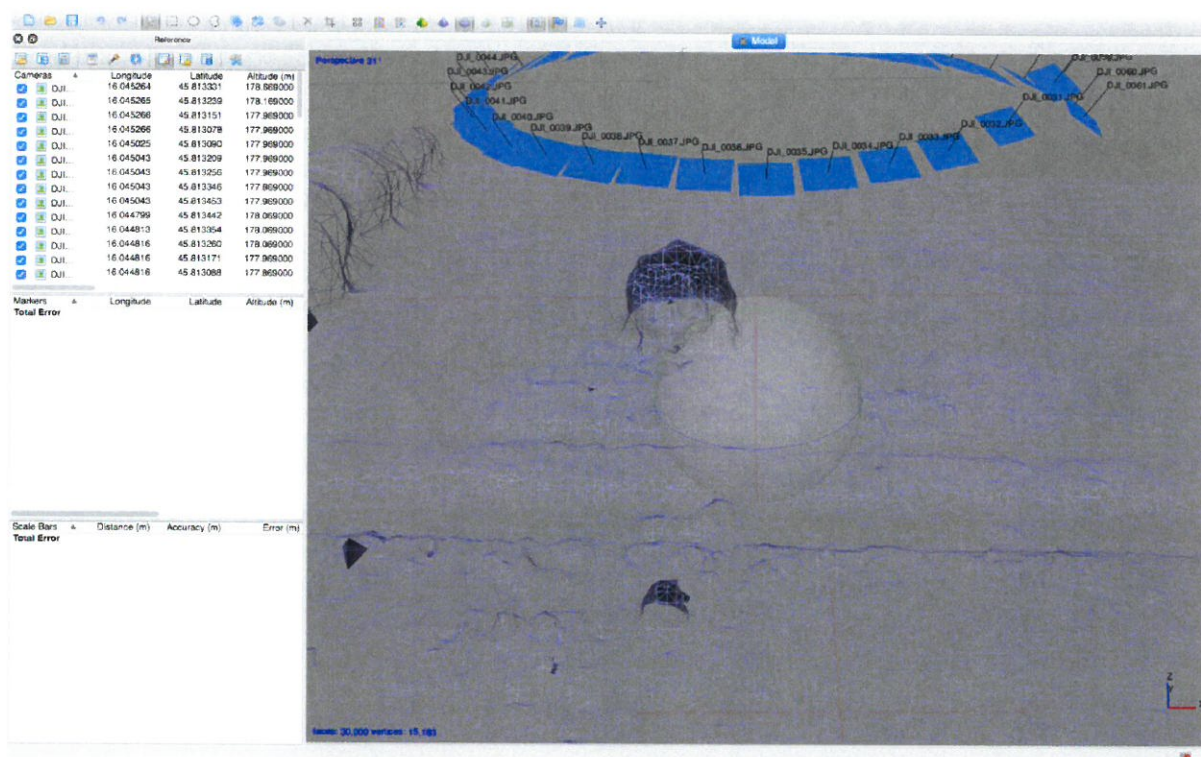
### 4.3.3. Izgradnja mreže

PhotoScan podržava nekoliko metoda i postavki rekonstrukcije, koji pomažu pri proizvodnji optimalnih rekonstrukcija za određeni skup podataka. Neke od njih su:

- Vrsta površine
- Izvorni podaci



- Broj poligona
- Interpolacija
- Klase točaka [28]



Slika 16.faza izgradnja mreže u programskom alatu Agisoft PhotoScan

#### 4.3.4. Stvaranje teksture

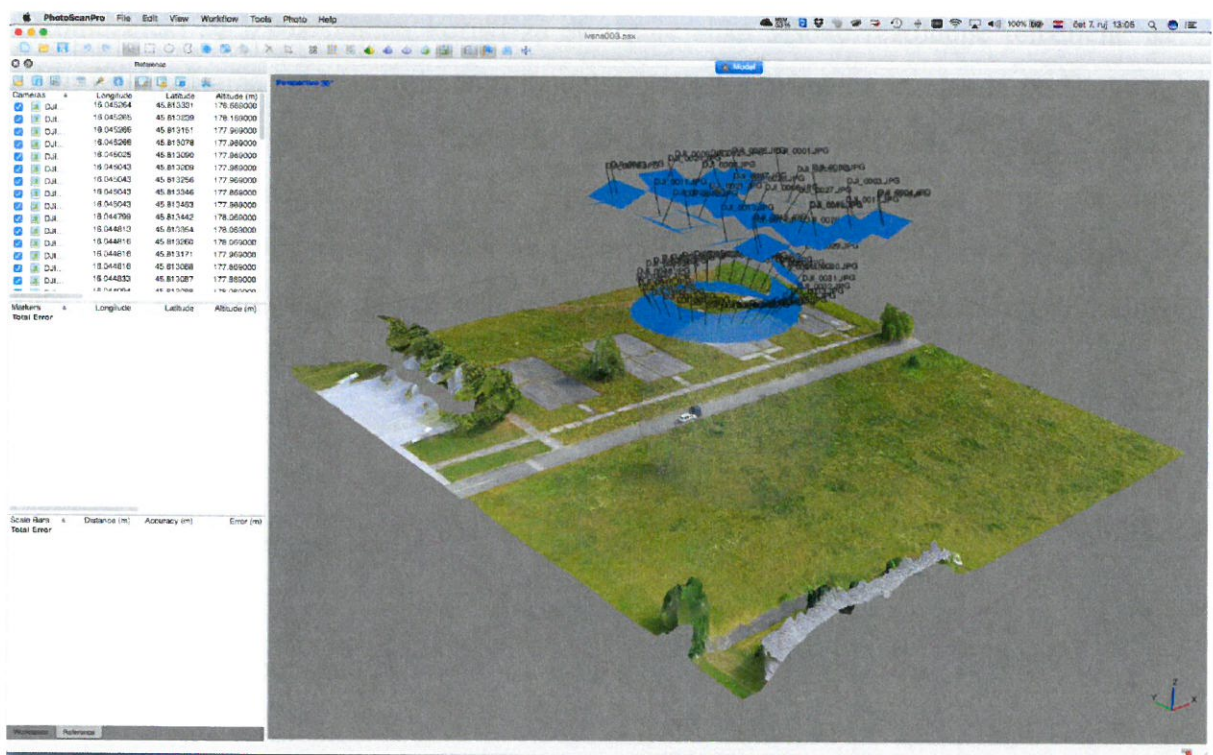
Način rada mapiranja tekstova određuje kako će tekstura objekta biti zapakirana u nosaču teksture. Odabir načina odabira mapiranja teksture pomaže pri postizanju optimalnog pakiranja teksture, a time i bolje vizualne kvalitete konačnog modela. Postoje opći, adaptivni ortofoto, ortofoto, sferni, pojedinačno fotografiranje te zadržati uv način odabira mapiranja. Sljedeći parametri kontroliraju različite aspekte stvaranja nosača teksture:

- Tekstura iz (jedino način rada za mapiranje pojedinačno fotografiranje) - određuje fotografiju koja će se koristiti za teksturu.

- Način miješanja (ne upotrebljava se u načinu pojedinačnog fotografiranja) - odabir načina na koji će vrijednosti piksela iz različitih fotografija biti kombinirane u završnoj teksturi.
- Veličina teksture / broj - određuje veličinu (širinu i visinu) nosača teksture u pikselima i određuje broj datoteka za teksturu na koju se izvozi.

Dodatno se mogu podesiti sljedeći napredni parametri.

- Omogućite ispravljanje boje – značajka je korisna za obradu skupova podataka s ekstremnom varijacijom svjetline
- Omogućiti popunjavanje rupa - ova je opcija omogućena na zadanom jer pomaže u izbjegavanju efekta soli i papra u slučaju složene površine s brojnim sitnim dijelovima koji sjene druge dijelove modela [28]



Slika 17. Faza stvaranja teksture u programskom alatu Agisoft PhotoScan

#### **4.3.5. Izgradnja uzdužnog digitalnog modela**

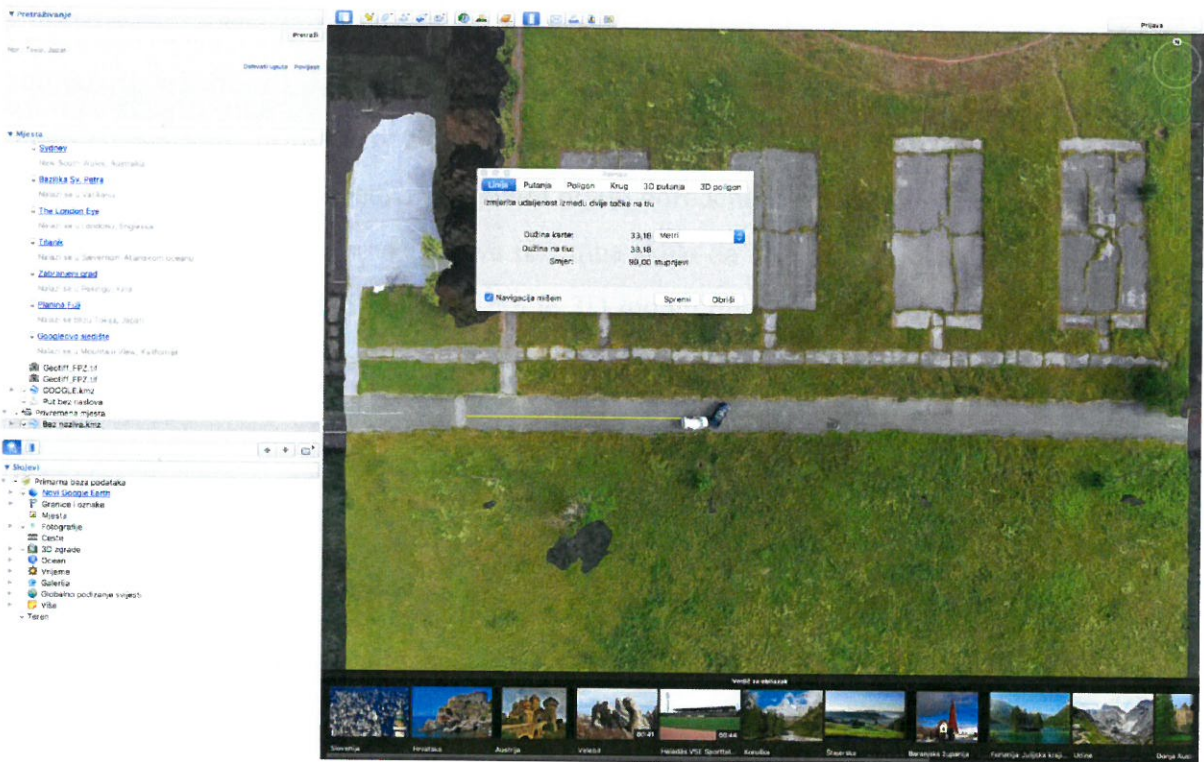
PhotoScan omogućuje generiranje i vizualizaciju digitalnog modela uzdizanja. Digitalni model uzdizanja predstavlja površinski model kao redovitu rešetku vrijednosti visine. Digitalni model uzdizanja se može rasterizirati iz gustog oblaka točaka, rijetkog oblaka točaka ili mreže. Najtočniji rezultati izračunavaju se na temelju podataka gustih oblaka točaka. PhotoScan omogućuje izvođenje digitalnog modela uzdizanja-temeljenih točaka, udaljenosti, područja, mjerenja glasnoće kao i stvaranje poprečnih presjeka za dio scene koju je odabrao korisnik. Osim toga, linije kontura mogu se izračunati za model i prikazane preko digitalnog modela uzdizanja ili Orthomosaic u Ortho pogledu unutar PhotoScan okruženja.

Neki od parametara su izvorni podaci, interpolacija te klase točaka [28].

#### **4.3.6. Izgradnja ortomozaika**

Ortomozaički se izvoz obično koristi za stvaranje slika visoke rezolucije temeljene na izvornim fotografijama i rekonstruiranom modelu. Najčešća primjena je obrada podataka iz zračnog fotografskog pregleda, ali može biti korisno i kada je potreban detaljan pregled objekta. PhotoScan omogućuje izvođenje ortomozaik linije uređivanja za bolje vizualne rezultate. PhotoScan omogućuje projektiranje ortomozaika na ravninu koju je postavio korisnik, pod uvjetom da je mreža odabrana kao površinska vrsta. Postupkom izgradnje ortomozaika upravljaju sljedeći parametri:

- Površina
- Način miješanja
- Omogućiti ispravljanje boja
- Veličina piksela
- Maksimalna dimenzija [28]



Slika 18. Faza izgradnje ortomozaika u programskom alatu Agisoft PhotoScan

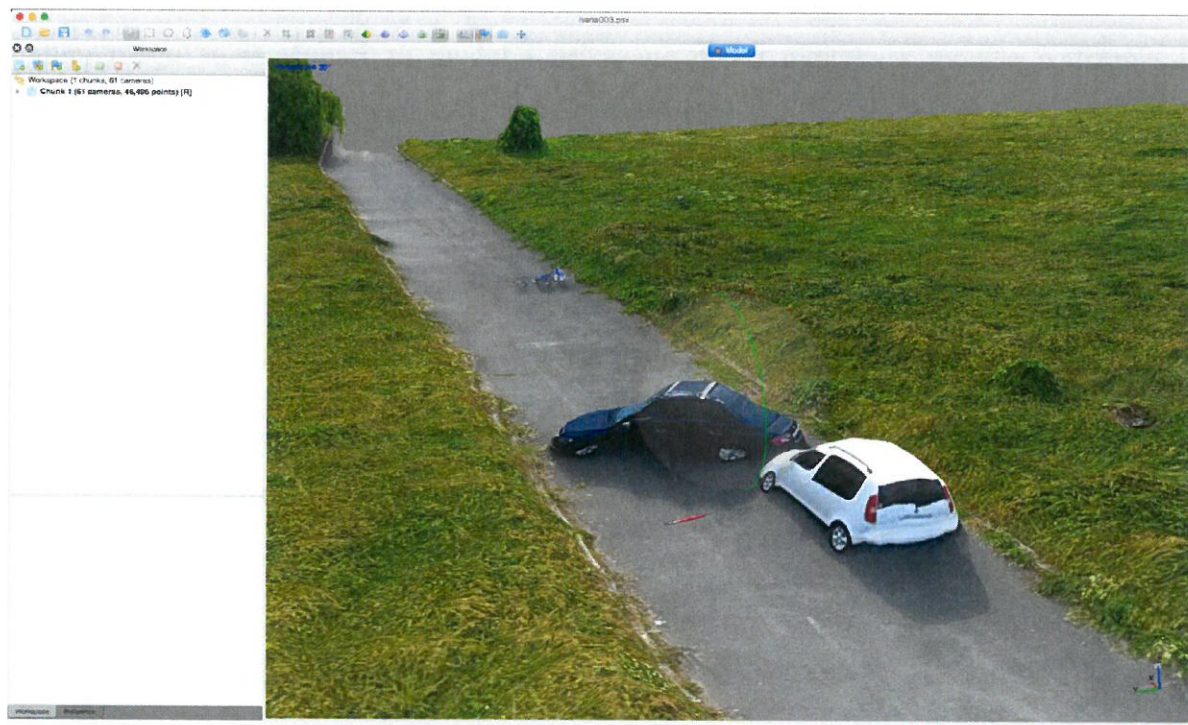
#### 4.3.7. Izvoz 3D modela

Određene faze 3D rekonstrukcije modela mogu potrajati dugo. Pun ciklus operacija mogao bi potrajati 4-6 sati pri izradi modela iz stotina fotografija. Nije uvijek moguće završiti sve operacije u jednom ciklusu. PhotoScan omogućuje spremanje srednjih rezultata u projektnoj datoteci.

PhotoScan podržava izvoz rezultata obrade u različitim reprezentacijama: rijetki i gusti oblaci točaka, kalibracija kamere i podaci o orijentaciji fotoaparata, mreža itd. Ortomozaik i digitalni modeli elevacije, kao i pločasti modeli mogu se generirati prema zahtjevima korisnika. Oblak točaka i podaci za kalibraciju kamere mogu se izvesti odmah nakon dovršetka postavljanja fotografija. Sve ostale opcije izvoza dostupne su nakon odgovarajućeg koraka obrade.

Ako se model generira pomoću programa PhotoScan treba uvesti u programu 3D uređivača radi pregleda ili daljnjeg uređivanja, korisno je koristiti funkciju Shift tijekom izvoza modela. Omogućuje postavljanje vrijednosti koja se oduzima od odgovarajuće koordinatne vrijednosti za svaki vrh u mreži. U suštini to znači prijevod izvornog

koordinatnog sustava, koji može biti koristan, budući da neki 3D uređivači, skraćuju koordinate vrijednosti do 8 znamenaka, dok su u nekim projektima decimalni brojevi koji imaju smisla s obzirom na pozicioniranje modela zadatka. Tako se može preporučiti da se oduzme vrijednost koja je jednaka cijelom dijelu određene koordinatne vrijednosti prije nego što se izveze model, čime se osigurava razumna skala da bi se model obradio u 3D programu za uređivanje [28]. Na slici 19. prikazan je 3D model mjesta prometne nesreće napravljen za potrebe ovog diplomskog rada.



Slika 19. 3D model mjesta prometne nesreće

#### 4.3.8. Mjerenja

PhotoScan podržava mjerenje udaljenosti na modelu, površini i volumenu rekonstruiranog 3D modela. Kada se radi u prikazu modela, sva mjerenja se izvode u 3D prostoru, za razliku od mjerenja u Ortho pogledu, koja su planarna.

PhotoScan omogućuje mjerenje udaljenosti između točaka rekonstruirane 3D scene. Očito, koordinatni sustav modela mora se inicijalizirati prije nego što se mjerenja udaljenosti mogu izvesti. Alternativno, model se može skalirati na temelju poznate informacije o udaljenosti kako bi postalo pogodno za mjerenja.

Područje površina ili mjerenje volumena rekonstruiranog 3D modela može se izvesti samo nakon definiranja skale ili koordinatnog sustava scene.

Mjerenje volumena može se provoditi samo za modele zatvorene geometrije. Ako postoje površine modela, PhotoScan će prijaviti nulu volumena. Postojeće rupe na mrežastoj površini mogu se popuniti prije izvođenja mjerenja volumena pomoću zatvaranja rupe.

PhotoScan je sposoban za digitalni model uzdizanja - baziranu točku, udaljenost, površinu i mjerenje volumena kao i generiranje presjeka za dio scene koju je odabrao korisnik. Linije kontura mogu se izračunati za model i prikazane preko digitalnog modela uzdizanja ili Ortomozaik u Orto pogledu unutar PhotoScan okruženja. Mjerenja na digitalnom modelu uzdizanja kontroliraju se s oblicima: točkama, polilinjama i poligonima.

Orto pogled omogućuje mjerenje koordinata bilo koje točke na rekonstruiranom modelu. X i Y koordinate točke označene kursorom kao i visina točke iznad vertikalnog datuma odabranog od strane korisnika prikazane su u donjem desnom kutu Orto prikaza [28].

U slijedećem poglavlju prikazan je eksperiment u kojem su provedena mjerenja na 3D modelu testne prometne nesreće na poligonu Kampusu Borongaj u Zagrebu.

## **5. UVIĐAJ EKSPERIMENTALNE PROMETNE NESREĆE PRIMJENOM BESPILOTNE LETJELICE**

Za potrebe ovog diplomskog rada izvedena je simulacija prometne nesreće na poligonu Kampusu Borongaj. Na slici 20. prikazana se stvarna situacija prilikom izvođenja eksperimentalnog leta bespilotnom letjelicom kojom su sa visine od 30 m i 50 m snimljeni setovi geo-referenciranih fotografija koje su korištene za izradu testnog 3D modela mjesta prometne nesreće.



**Slika 20. Fotografija mjesta testne prometne nesreće na poligonu  
Kampusu Borongaj u Zagrebu**

Slike su obrađene pomoću alata Agisoft za rekonstrukciju trodimenzionalne scene. U ovom diplomskom radu usporedili smo točnost između mjerenja na 3D modelu napravljenom uz pomoć bespilotne letjelice i tradicionalnih postupaka mjerenja klasičnim metrom.

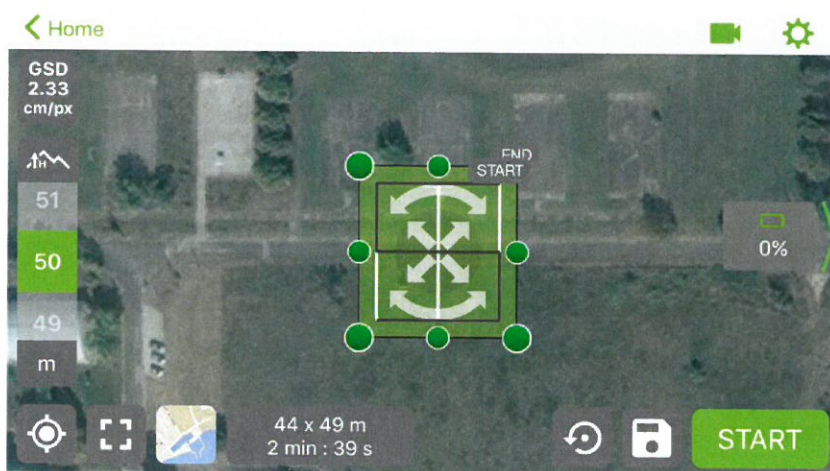
Diplomski rad ima za cilj predložiti primjenu rješenja za analize mjesta nesreće. Također, predlaže točniju i pouzdaniju rekonstrukciju koja se može upotrijebiti kao dokaz na sudu.

Za potrebe eksperimenta korištena je bespilotna letjelica DJI Phantom 4. Bespilotna letjelica uz pomoć mobilne aplikacije Pix4D u kružnoj putanji oko mjesta nesreće autonomno je fotografirala oko tridesetak kosih fotografija s visine od 30 metara. Na slici 21 prikazan je upravljački zaslon bespilotne letjelice iz koje je vidljiva zadana putanja, visina te ostali parametri leta.



Slika 21. Kružni let bespilotne letjelice na visini od 30 m

Kako bi se postigla veća preglednost i površina 3D modela, zadan je i drugi set kombinacija pravocrtnih letova na visini od 50 m kojim tu također fotografirane kose fotografije mjesta eksperimentalne prometne nesreće. Na slici 22 prikazano je upravljačko sučelje na bespilotnoj letjelici prilikom kombinacije pravocrtnih letova.



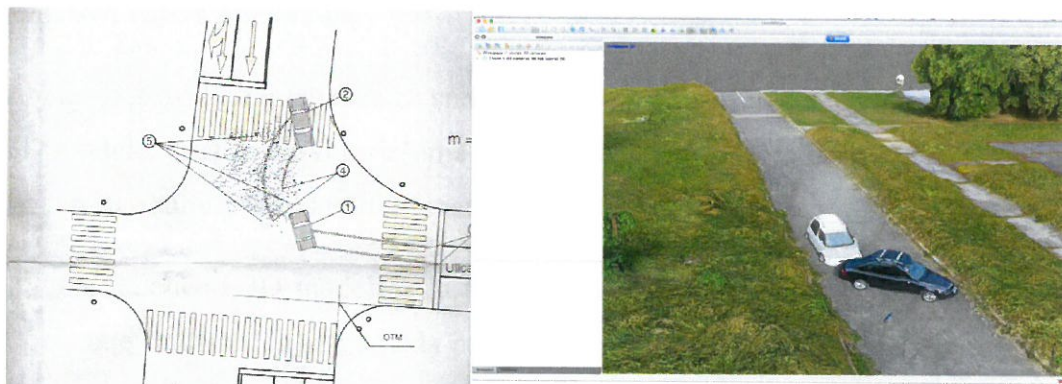
Slika 22. Pravocrtni letovi bespilotne letjelice na visini od 50 m



Tijekom leta dobiveno je ukupno 61 fotografija. Nekoliko mjerenja na licu mjesta obavljeno je ručno korištenjem metra. Ukupno vrijeme obrade korištenjem Agisoft alata bilo je oko tri sata na prijenosnom računalu s jezgrom i5 i 8 GB RAM-a. Izrađen je zamućen oblak točaka, digitalni model površine (DSM) i ortomozaik. Ostala mjerenja izvršena su izravno u korisničkom sučelju Agisoft aplikacije.

Ukupno vrijeme pripreme prije leta bilo je oko deset minuta. Bepilotna letjelica Phantom 4 teži oko 1,5 kilograma i stoga je dovoljno lagana da je jedna osoba lako postavi i upravlja njome. Nakon planiranja leta trebalo je manje od deset minuta da se dovrši let bespilotne letjelice. Za predloženi protokol, cijelo vrijeme procesa na mjestu prometne nesreće procjenjuje se unutar trideset minuta.

Na slici 23 vidljiva je usporedba klasične skice s izmjerima koja se trenutno koristi kod očevida prometne nesreće te 3D modela mjesta prometne nesreće u programskom alatu Agisoft. Nadalje u ovom radu bit će eksperimentalno provedeno mjerenje s klasičnim metodama odnosno metrom te u programskom alatu Agisoft.



**Slika 23. Usporedba klasične skice i 3D modela mjesta prometne nesreće**

U Tablici 2 prikazana je usporedba rezultata mjerenja klasičnom metodom i 3D modela u programskom alatu Agisoft. Iz tablice je vidljivo da su neke pogreške zanemarive dok neka mjerenja odstupaju više nego što je bilo očekivano.

Tablica 2. Usporedba mjerenja klasičnim metodama (metrom) i 3D modela u programskom alatu Agisoft

Mjerenje	3D model [m]	Stvarno mjerenje [m]	Pogreška [m]	Pogreška [%]
Širina A vozila	1,92	1,68	-0,24	-14,29%
Duljina A Vozila	4,13	4,02	-0,11	-2,74%
Širina B vozila	1,95	1,84	-0,11	-5,98%
Duljina B Vozila	4,6	4,65	0,05	1,08%
Dužina A predmeta	0,82	0,8	-0,02	-2,50%
Dužina B predmeta	0,82	0,8	-0,02	-2,50%
Raspon kotača A vozila	2,55	2,61	0,06	2,30%
Širina kolnika 1	5,62	5,5	-0,12	-2,18%
Širina kolnika 2	5,59	5,5	-0,09	-1,64%
Širina kolnika 3	5,59	5,5	-0,09	-1,64%
Širina trake	2,49	2,5	0,01	0,40%
Zaustavni put	21,64	21,6	-0,04	-0,19%

Bespilotne letjelice postale su praktično rješenje u mnogim hitnim slučajevima. Može se upotrijebiti za traženje i spremanje preživjelih u pustinji, prikupljanje ažuriranih fotografija ili videozapisa za praćenje prirodnih katastrofa i rekonstrukciju prometnih sudara ili mjesta zločina koji će biti predstavljeni na sudu. To su samo neki primjeri uvjeta u kojima je pravovremenost najkritičnija briga.

Kombinacija bespilotnih letjelica za snimanje slika i Agisoft ili sličnih alata za pretvaranje slika u 3D modele, pruža cjelovito rješenje za rekonstrukciju prizora nesreće i rješava ključna pitanja koja nisu obuhvaćena klasičnim metodama.

Bespilotne letjelice i 3D modeli daju uvid iz različitih kutova gledanja kao i prikaze iz zraka. Dobivanje informacija iz pogleda ptičje perspektive je vrlo korisno jer rješava važna pitanja kada se dokazi šire i teško je dobiti dobru perspektivu s razine tla. Prije toga, helikopteri su služili za izradu takvih prikaza. Međutim, organiziranje dostupnog helikoptera koji pokriva događaj ponekad traje i do nekoliko dana, a do tada se moglo izmijeniti ili isprati vanjski dokaz zbog vremenskih uvjeta (jaka kiša ili snijeg).

U usporedbi s drugim preciznim instrumentima kao što su laserski skeneri, troškovi izvršenja i održavanja mapiranja bespilotne letjelice znatno su niži. Pakirane u lako prenosivom kućištu i težini od manje od dva kilograma, bespilotne letjelice se mogu nositi posvuda i spremne su letjeti nakon nekoliko minuta sklapanja. Takvi mali sustavi također su jednostavniji za korištenje i održavanje, uštedu troškova i vremena provedenog na osoblju obučavanja [24].

Korištenje bespilotne letjelice i 3D alata za rekonstrukciju mjesta nesreće štedi vrijeme i troškove i nudi zadovoljavajuće rezultate. Generirani rezultati trajno su dostupni kao i datoteke i ima mogućnost za napraviti mjerenja u bilo koje vrijeme koje se zahtijeva. Stvarni događaji su sačuvani u 3D i s detaljnim podacima unutar centimetarske točnosti. Također ovi postupci su primjenjivi u većini uvjeta, štede vrijeme, daju visoku preciznost mjerenja, imaju mogućnost prikaza iz svih kutova, jednostavni su za rukovanje i održavanje te je potrebno manje treninga i trajno očuvanje podataka i rekonstruirane scene.

## 6. ZAKLJUČAK

Tema diplomskog rada je prikazati primjenu bespilotnih letjelica prilikom uviđaja prometne nesreće te na istome napraviti eksperiment.

Analizom cijelog procesa obavljanja očevida te eksperimenta primjenom bespilotne letjelice u ovom radu proizašle su mjere i prijedlozi za poboljšanjem obavljanja očevida.

Očevid prometne nesreće ovisi o težini prometne nesreće. Unapređenjem sustava uz korištenje novih tehnologija koje uključuju bespilotne letjelice vidljivo bi se poboljšala kvaliteta samog procesa obavljanja očevida. Korištenjem novih metoda i tehnologija skraćuje se vrijeme koje službenici provode na mjestu nesreće čime se skraćuje vrijeme njihove direktne izloženosti opasnosti od nadolazećih vozila i nepažljivih vozača, smanjuje se mogućnost njihove ozljede ili pogibije, prometnice se brže otvaraju čime se smanjuje mogućnost dodatnih nesreća i povećava se sigurnost ostalih sudionika u prometu.

Prednost bespilotne letjelice je što je mala i lako prenosiva te je dovoljna jedna osoba da njome upravlja. Osim toga ona se i lako sastavlja što je dobro kod očevida prometne nesreće. Upravljanje bespilotne letjelice mora biti u skladu s Pravilnikom o sustavima bespilotnih letjelica. Bespilotne letjelice postale su praktično rješenje u mnogim hitnim slučajevima. Može se upotrijebiti za traženje i spremanje preživjelih u pustinji, prikupljanje ažuriranih fotografija ili videozapisa za praćenje prirodnih katastrofa i rekonstrukciju prometnih sudara ili mjesta zločina koji će biti predstavljeni na sudu.

Kombinacija bespilotnih letjelica za snimanje slika i Agisoft ili sličnih alata za pretvaranje slika u 3D modele pruža cjelovito rješenje za rekonstrukciju prizora nesreće i rješava ključna pitanja koja nisu obuhvaćena klasičnim metodama.

U ovom diplomskom radu prikazana je eksperimentalna prometna nesreća koju je bespilotna letjelica snimila s različitih visina te različitih kutova. Snimljene fotografije su obrađene u programskom alatu Agisoft te su uspoređeni rezultati mjerenja klasičnom metodom (metrom) i 3D modela. U rezultatima postoje odstupanja između dviju metoda mjerenja no ona su zanemariva i stoga se može doći do zaključka da je stalno unapređnje tehnologije postao imperativ suvremenog doba te da je i ono nezaobilazno kod očevida prometne nesreće.

## LITERATURA

- [1] Republika Hrvatska: Zakon o sigurnosti prometa na cestama, Narodne novine 67/08, Hrvatska (2008)
- [2] Mjesto očevida <http://www.policija.hr/58.aspx>
- [3] Zovak, G., Šarić, Ž. Prometno tehničke ekspertize i sigurnost, nastavni materijali, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016.
- [4] Republika Hrvatska: Zakon o kaznenom postupku, Narodne novine 152/08, Hrvatska (2008)
- [5] Cerovac, V. Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001.
- [6] Modly D. Očevid. Zagreb: Ministarstvo unutarnjih poslova Republike Hrvatske, Policijska akademija; 2010.
- [7] Pavišić B. Metodika istraživanja prometnih delikata. Zagreb: Ministarstvo unutarnjih poslova Republike Hrvatske, Sektor za odnose s javnošću i izdavačku djelatnost; 1993.
- [8] R.W. Rivers: Traffic crash investigators manual, Thomas Books, USA, 2011
- [9] Vodinić V. i grupa autora. Saobraćajna kriminalistika: Metodika obrade saobraćajnih nesreća na putevima, vodi i vazduhu. Beograd: Savremena administracija; 1986.
- [10] Seferi, D. Utjecaj kvalitete obavljanja očevida prometnih nesreća na povećanje sigurnosti cestovnog prometa, završni rad, Zagreb, 2016.
- [11] Pavišić B. Metodika istraživanja prometnih delikata. Zagreb: Ministarstvo unutarnjih poslova Republike Hrvatske, Sektor za odnose s javnošću i izdavačku djelatnost; 1993.
- [12] <https://www.antenazadar.hr/clanak/2016/01/voznja-po-snijegu-pocetnici-za-upravljacem-ovo-trebaju-znati/>
- [13] Fotografija: <http://www.mnsafetycouncil.org/resources/download/StreetSmartsMagazine.pdf>
- [14] Fotografija: <http://www.masterfile.com/image/en/700-03638948/skid-marks-on-road>
- [15] <https://www.scribd.com/doc/288092435/IDENTIFIKACIJA-PREDSTAVLJANJE-I-TUMA%C4%8CENJE-TRAGOVA-FORMIRANIH-TO%C4%8CKOVIMA-VOZILA-pdf>

[16] <http://www.forenzika.hr/972.aspx>

[17] <http://kaportal.rtl.hr/automobil-na-korzu-udario-biciklista>

[18] <http://regionalni.com/crna-kronika/foto-tezak-sudar-motora-i-automobila-u-supilovoj-u-varazdinu-22445/>

[19] Govorčin, M., Kovačić, F., Žižić, I. (2012): Bespilotne letjelice SenseFly Swinglet CAM, Ekscentar, br. 15, pp. 62-68

[20] Kolarek, M. (2010): Bespilotne letjelice za potrebe fotogrametrije, Ekscentar, br. 12, str. 70-72

[21] Pravilnik: <http://www.dronovi.hr/img/cms/zakon%20o%20dronovima/1732-nacrt-pravilnika.pdf>

[22] <http://www.geosustavi.hr/phantom4.html>

[23] <http://www.geosustavi.hr/pix4d.html>

[24]

[https://pix4d.com/wpcontent/uploads/2016/04/RCMP\\_Pix4D\\_collision\\_crime\\_scene\\_investigation\\_protocol.pdf](https://pix4d.com/wpcontent/uploads/2016/04/RCMP_Pix4D_collision_crime_scene_investigation_protocol.pdf)

[25] <https://pix4d.com/product/pix4dcapture/>

[26] <http://www.agisoft.com/>

[27] [http://www.agisoft.com/pdf/photoscan\\_presentation.pdf](http://www.agisoft.com/pdf/photoscan_presentation.pdf)

[28] [http://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro\\_1\\_3\\_en.pdf](http://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_3_en.pdf)

Programska podrška:

1. Pix4DCapture
2. Agisoft Photoscan

## POPIS SLIKA

Slika 1. Tragovi vožnje u snijegu [12] .....	11
Slika 2. Trag kočenja neblokiranih kotača vozila [13] .....	13
Slika 3. Tragovi kočenja s blokiranim kotačima [14] .....	14
Slika 4. Tragovi zanošenja [15] .....	15
Slika 5. Tragovi klizanja [15] .....	16
Slika 6. Tragovi dijelova vozila [16] .....	17
Slika 7. Tragovi krvi te razasuti otpali dijelovi odjeće i obuće [17] .....	18
Slika 8. Tragovi na vozilu i u njemu [18] .....	19
Slika 9. Operativni i tehnički zahtjevi za izvođenje letačkih operacija [21] .....	25
Slika 10. DJI Phantom 4 [22] .....	26
Slika 11. Ručno i automatsko upravljanje [22] .....	27
Slika 12. DJI Drone Deploy [22] .....	28
Slika 13. Sučelje mobilne aplikacije .....	29
Slika 14. Faza poravnanja fotografija u programskom alatu Agisoft PhotoScan .....	33
Slika 15. Faza izgradnje digitalnog modela uzdizanja u programskom alatu Agisoft PhotoScan .....	34
Slika 16. faza izgradnja mreže u programskom alatu Agisoft PhotoScan .....	35
Slika 17. Faza stvaranja teksture u programskom alatu Agisoft PhotoScan .....	36
Slika 18. Faza izgradnje ortomozaika u programskom alatu Agisoft PhotoScan .....	38
Slika 19. 3D model mjesta prometne nesreće .....	39
Slika 20. Fotografija mjesta testne prometne nesreće na poligonu Kampusu Borongaj u Zagrebu .....	41
Slika 21. Kružni let bespilotne letjelice na visini od 30 m .....	42
Slika 22. Pravocrtni letovi bespilotne letjelice na visini od 50 m .....	42
Slika 23. Usporedba klasične skice i 3D modela mjesta prometne nesreće .....	43

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Kategorije letačkih operacija [21].....	22
Tablica 2. Usporedba mjerenja klasičnim metodama (metrom) i 3D modela u programskom alatu Agisoft.....	44





Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih  
znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ diplomski rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako 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 \_\_\_\_\_ diplomskog rada

pod naslovom **Primjena bespilotnih letjelica prilikom uviđaja prometne nesreće**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, \_\_\_\_\_ 14.9.2017 \_\_\_\_\_

Student/ica:

*Ivančić*

(potpis)