

# Primjena dronova (autonomni robot) u nadzoru prometa

---

**Sinčić, Matea**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:656213>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-06-26**



**Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**  
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET U RIJECI**

**MATEA SINČIĆ**

**PRIMJENA DRONOVA (AUTONOMNI ROBOT) U NADZORU  
PROMETA**

**ZAVRŠNI RAD**

Rijeka, 2020.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET**

**PRIMJENA DRONOVA (AUTONOMNI ROBOT) U NADZORU  
PROMETA**

**APPLICATION OF DRONES (AUTONOMOUS ROBOT) IN  
TRAFFIC SURVEILLANCE**

**ZAVRŠNI RAD**

Kolegij: Automatizacija u prometu

Mentor: prof.dr.sc. Vinko Tomas

Studentica: Matea Sinčić

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 0112062969

Rijeka, rujan 2020.

Studentica: Matea Sinčić

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 0112062969

## **IZJAVA**

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom „Primjena dronova (autonomni robot) u nadzoru prometa“ izradila samostalno pod mentorstvom prof. dr. sc. Vinka Tomasa.

U radu sam primijenila metodologiju znanstvenoistraživačkog rada i koristila literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući navela u završnom radu na uobičajen, standardan način citirala sam i povezala s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Suglasna sam s objavom završnog rada na službenim stranicama Fakulteta.

Studentica

Matea Sinčić

# Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. RAZVOJ I OSNOVNE KARAKTERISTIKE DRONOVA.....	2
2.1 POVIJESNI RAZVOJ DRONOVA .....	2
2.2 TERMINOLOGIJA I PODJELA SUSTAVA DRONOVA.....	4
2.3 PODJELA I KLASIFIKACIJA DRONOVA .....	5
3. PREGLED REGULATIVE O CIVILNOJ UPORABI DRONOVA .....	8
3.1. EUROPSKA REGULATIVA.....	8
3.2 ZAKONSKA REGULATIVA O UPORABI DRONOVA U REPUBLICI HRVATSKOJ .....	10
4. PRIMJENA DRONOVA U NADZORU PROMETA .....	15
4.2 SENZORSKI SUSTAVI NA DRONOVIMA ZA MJERENJE PROMETNIH VELIČINA.....	15
4.1.1 GNSS .....	16
4.1.2. LiDAR .....	17
4.1.3. Video senzori .....	19
4.2 MJERENJE PROMETNIH VELIČINA PRIMJENOM DRONOVA .....	20
4.2.1 Mjerenje gabarita prometnice .....	20
4.2.2 Brojanje vozila na prometnicama.....	23
4.2.3 Bilježenje brzine vozila .....	24
4.3 NADZOR INCIDENTNIH SITUACIJA U PROMETU .....	26
4.3.1 Primjena bespilotnih letjelica prilikom prometne nesreće .....	26
4.3.2 Primjena dronova u željezničkim nesrećama .....	30
5. KORIŠTENJE DRONOVA ZA NADZOR PROMETA U REPUBLICI HRVATSKOJ .....	34
6. ZAKLJUČAK.....	36
LITERATURA.....	37
POPIS TABLICA.....	39
POPIS SLIKA .....	39

## 1. UVOD

Bespilotne letjelice (UAV), obično poznate kao dronovi, smatraju se jednom od najdinamičnijih i višedimenzionalnih novonastalih tehnologija moderne ere. Velika popularnost omogućila je razvoj dronova do visoke razine tehnološke perfekcije. Ono u čemu je sada usmjeren razvoj tehnologije je autonomija leta ugradnjom raznih senzora, od kojih su neki navedeni su u radu. Oni omogućuju prepoznavanje okoline te samostalno odlučivanje drona o kretanju. Potpuna automatizacija leta omogućuje letjelici autonomno obavljanje zadatka koji joj pilot zada, donoseći sve odluke o načinu leta, o putanji i ostalim akcijama potpuno samostalno. Ova tehnologija ima višestruku primjenu u nadzoru prometa, od analize prometne mreže za cjelokupno poboljšanje protoka prometa i sigurnosnih uvjeta, do lakšeg i sigurnijeg načina identifikacije u slučaju nesreće ili katastrofe.

Promet je jedan od najvažnijih čimbenika društvenog i gospodarskog razvoja. Uvjetovan sve bržim gospodarskim rastom i razvojem, promet u svijetu i u Hrvatskoj naglo raste, te je potreban konstantan nadzor kako bi se omogućilo sigurno, pogodno, brzo, ekonomično i ekološki prihvatljivo kretanje ljudi i robe.

Tema završnog rada je istražiti primjenu dronova prilikom nadzora prometa. Pored uvoda i zaključka rad se sastoji od četiri međusobno povezanih dijelova. Dio rada pod nazivom „Razvoj i osnovne karakteristike dronova“ obuhvaća pregled povijesnog razvoja i podjelu sustava dronova, te njihovu klasifikaciju. U dijelu rada pod nazivom „Pregled regulative o civilnoj uporabi dronova“ govori se o njihovoj sigurnosti i regulaciji upotrebe. U poglavlju pod nazivom „Primjena dronova u nadzoru prometa“ navode se senzorski sustavi koji dronove čine autonomnim robotom čime pružaju široki spektar njihove upotrebe kao što su mjerenje gabarita prometnica, brojanje i mjerenje brzine vozila, te nadzor u incidentnim situacijama. U zadnjem dijelu rada pod nazivom „Korištenje dronova za nadzor prometa u Republici Hrvatskoj“ opisan je projekt Viva Drone Patrol koji je osmišljen od strane stručnjaka Bina-Istre, tvrtke koja upravlja Istarskim ipsilonom.

Uporaba dronova u Hrvatskoj postaje sve popularnija, te ćemo s vremenom zasigurno vidjeti povećanu uporabu dronova i u ovom području.

## **2. RAZVOJ I OSNOVNE KARAKTERISTIKE DRONOVA**

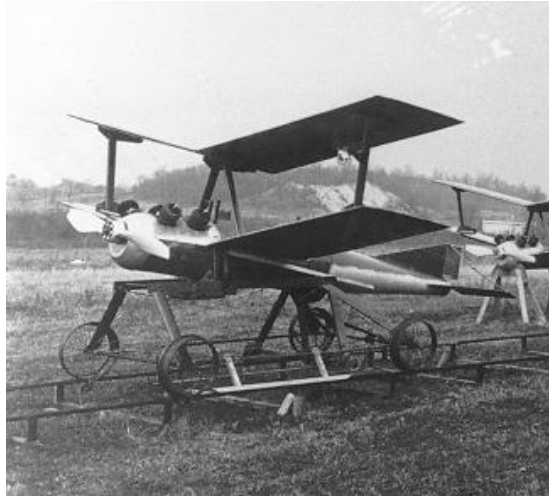
Dronove definiramo kao bespilotne letjelice (eng. Unmanned Aerial Vehicles – UAV) koje mogu biti na daljinsko upravljanje ili letjelice s određenom razinom autonomnosti. Dronovi su ujedno i najnapredniji uređaji u današnjem zrakoplovstvu. Razvoj tehnologije znatno je utjecao na primjenu i ulogu UAV sustava, te njihova praktična primjena pobuđuje interes u gotovo svim sferama društva.

### **2.1 POVIJESNI RAZVOJ DRONOVA**

Dok su dronovi upali u središte pozornosti početkom 21. stoljeća, ideja o letećim strojevima na daljinu razvila se mnogo ranije. Preteča onoga što danas smatramo bespilotnom letjelicom bili su austrijski bespilotni baloni napunjeni eksplozivom, korišteni tijekom napada Venecije 1849. godine. Vjetar je trebao nositi balone, koje bi elektromagnet aktivirao kroz dugu bakrenu žicu. Projekt je zbog nepredvidivog vremena imao ograničen uspjeh, ali ideja je i dalje bila pogodna za daljnji razvoj [1].

Razvoj tehnologije dronova uvelike je bio uvjetovan ratovima. Tijekom Prvog svjetskog rata razvijeno je mnogo ekscentričnog oružja, te je jedan od njih bio bespilotni zrakoplov kojem se upravljalo uz pomoć revolucionarne tehnike radiodifuzije [1].

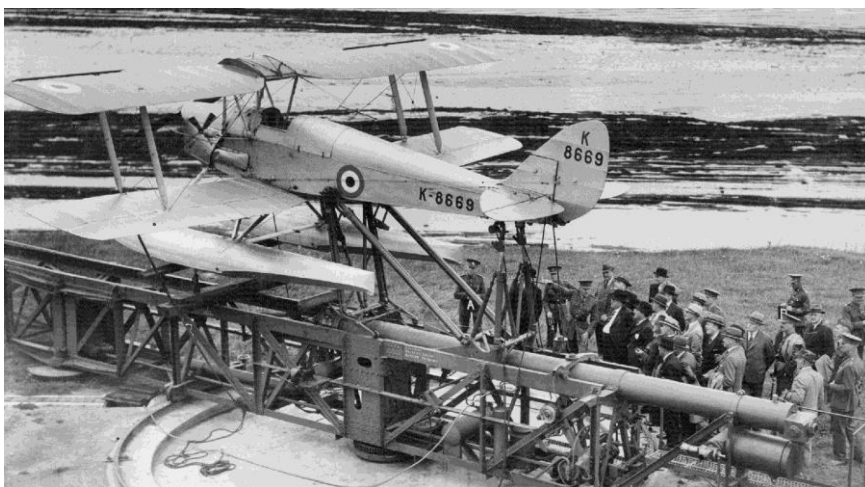
Još jedan projekt vodio je put za daljnja istraživanja bespilotnih letjelica. Bio je to bespilotni zrakoplov u kojem se nalazila velika eksplozivna bojna glavapoznat pod nazivom “Flying Bomb“. Međutim, nakon nekoliko neuspjelih lansiranja prototipa, britanska vojska odlučila se ukinuti projekt, vjerujući da bespilotne letjelice imaju ograničen vojni potencijal. Godinu dana kasnije, stvorena je njegova bolja inačica od strane američkog inženjera i inovatora Charlesa Ketteringa, nazvanom “Kettering Bug“ koji se koristio pomoću žiroskopskih kontrola (slika 1.) [2].



**Slika 1 “Kettering Bug“ bespilotni zračni torpedo**

*Izvor: <https://www.warhistoryonline.com/military-vehicle-news/short-history-drones-part-1-x.html>*

Tijekom međuratnog razdoblja vladalo je veliko zanimanje za proizvodnju i unapređenje bespilotnih letjelica. 1935. godine Britanci su razvili niz radio-kontroliranih letjelica a jedna od njih je bila „DH82B Queen Bee“ (slika 2), za koju se smatra da je taj naziv uveo termin „drone“ u opću upotrebu. Tijekom Drugog svjetskog rata i Hladnog rata tehnologija dronova se uvelike poboljšala. Poznato je da su i SAD i SSSR koristili bespilotne letjelice da bi špijunirali jedni druge za vrijeme Hladnog rata. Izraelsko ratno zrakoplovstvo također je koristilo vojne bespilotne letjelice za lociranje položaja neprijatelja i zaglavljenje komunikacija[2].



**Slika 2 DH82B Queen Bee**

*Izvor: <https://www.baesystems.com/en/heritage/de-havilland-tiger-moth---queen-bee>*



Kroz povijest bespilotne letjelice su se koristile isključivo u vojne svrhe, a 2006. je bila prva godina kada je Federalna uprava za avijaciju (engl. Federal Aviation Administration, FAA) izdala dozvolu za civilnu upotrebu čiji se postotak izdavanja s vremenom povećavao sukladno potražnji koja je razvojem tehnologije eksponencijalno rasla [2]. Danas se dronovi koriste u civilne svrhe kao što su: zaštita okoliša, poljoprivreda, nadzor policijskog djelovanja, pomoć u katastrofama, za usluge dostave paketa, fotogrametriji, novinarstvo, razne sportske i rekreativne svrhe, te razonodu (slika 3).

Također UAV sustavi se sve više koriste za nadzor nepristupačnih industrijskih objekata kao što su: cjevovodi, brane, dimnjaci, mostovi, dalekovodi i dr.



**Slika 3** Tretiranje polja uz pomoć dronova

Izvor: <https://www.agroklub.com/ratarstvo/tamo-gdje-ne-moze-traktor-moze-dron/44397/>

## 2.2 TERMINOLOGIJA I PODJELA SUSTAVA DRONOVA

Bespilotne letjelice se prema svom pravnom statusu i primjenjivom regulatornom režimu, mogu kategorizirati prema različitim kriterijima. Kristian Bernauw, u svome znanstvenom radu navodi kako se općenito za letjelice "bez posade" koristi akronim UV (Unmanned Vehicle) koji se dijeli u dvije kategorije:

- Remotely Operated Vehicles (ROV) - letjelice na daljinsko upravljanje
- Autonomous Vehicles (AV) - autonomne letjelice

Također ih dijeli i prema načinu prometa / prijevoza:

- Unmanned Aerial Vehicles (UAV)- zračna bespilotna letjelica
- Unmanned Ground Vehicles (UGV) - kopnena bespilotna letjelica
- Unmanned Marine Vehicles (UMV)- morska bespilotna letjelica

Posljednju terminologiju koju koristimo, autonavodi, za sve bespilotne letjelice su sljedeće: Unmanned Aircraft (UA), Unmanned Aerial Vehicles (UAV), Unmanned Aircraft Systems (UAS), Pilotless Aircraft, Pilotless Aerial Vehicles (PAV), Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS), Remotely Piloted Aircraft (RPA) [3].

## **2.3 PODJELA I KLASIFIKACIJA DRONOVA**

Zahvaljujući visokom stupnju tehnologije dronovi imaju visoki spektar primjene, jednostavni su za upotrebu i u većini slučajeva ekonomični. Trenutno, u svijetu ne postoji jedinstvena i općevažna klasifikacija dronova. Sukladno razvojem tehnologije povećava se i broj njihovih mogućnosti, samim time dolazi do stvaranja novih kriterija podjele a one se mogu vršiti po specifičnosti njihove namjene, karakteristikama i performansama same letjelice. Općenito, bespilotne letjelice dijele se po namjeni te tako mogu biti vojne ili civilne, a civilne dijelimo na komercijalne i nekomercijalne.

Prema Američkom ministarstvu obrane (eng. US Department of Defense) klasifikacija bespilotnih letjelica dijeli se prema veličini, masi pri kojoj zrakoplov smije poletjeti, visini i brzini letjelice (tablica 1.) [4].

Bespilotne letjelice također dijelimo prema stupnju autonomnosti [5]:

- potpuno daljinski upravljane letjelice,
- polu-autonomni sustavi,
- potpuno autonomni sustavi.

Većina komercijalnih sustava u današnjoj uporabi jesu polu-autonomni sustavi, sposobni slijediti preprogramirane putanje i reagirati na programirani način na osnovi podataka dobivenih sa senzora. Klasifikacija ALFUS (Autonomy Levels For Unmanned Systems) odnosi se na sve daljinski upravljane sustave (bespilotne letjelice, vozila, itd.) te obuhvaća i civilne i vojne primjene tih sustava. Što je manja razina autonomnosti to je veći posao

operatera [5].Prema američkom Ministarstvu obrane, bespilotne letjelice klasificirane su u pet kategorija, kao što je prikazano u tablici 1:

**Tablica 1 Klasifikacija bespilotnih letjelica**

Kategorija	Veličina	MGTM* (kg)	Normalna operativna visina (m)	Brzina (km/h)
Grupa 1	Mali	0 – 10	< 366 AGL**	< 185
Grupa 2	Srednji	10 – 25	< 1067	< 463
Grupa 3	Veliki	< 600	< 5.486 MSL***	< 463
Grupa 4	Veći	> 600	< 5.486 MSL	Neodređeno
Grupa 5	Najveći	> 600	> 5.486	Neodređeno

- zbog pretvaranja jedinica, korištene su zaokružene vrijednosti

- ako dron ima barem jednu karakteristiku sljedeće razine, pripada u tu kategoriju

\*Maximum Gross Takeoff Mass – maksimalna masa pri kojoj zrakoplov smije poletjeti

\*\*AGL – Above Ground Level – iznad razine zemlje

\*\*\*MSL – Mean Sea Level – srednja razina mora

Izvor: [http://repozitorij.fsb.hr/8018/1/Ivkovic\\_2017\\_zavrzni\\_preddiplomski.pdf](http://repozitorij.fsb.hr/8018/1/Ivkovic_2017_zavrzni_preddiplomski.pdf)

U tablici 2. navedene su kategorije bespilotnih sustava, gdje se navode njihove mase, dolet letjelice, maksimalna visina leta i autonomija leta.

**Tablica 2 Kategorije bespilotnih sustava**

Naziv kategorije (eng.)	Akronim	Masa letjelice [kg]	Dolet letjelice [km]	Maksimalna visina leta [m]	Autonomija leta [h]
Micro	Micro	< 5	< 10	250	1
Mini	Mini	25– 150	< 10	150 – 300	< 2
Close Range	CR	25 – 150	10 – 30	3.000	2 – 4
Short Range	SR	50 – 250	30 – 70	3.000	3 – 6
Medium Range	MR	do 1.250	70 – 200	5.000	6 – 10
Medium Range Endurance	MRE	do 1.250	> 500	8.000	10 – 18
Low Altitude Deep Penetration	LADP	do 350	> 250	50 – 9.000	0,5 – 1
Low Altitude Long Endurance	LALE	< 30	> 500	3.000	> 24
Medium Altitude Long Endurance	MALE	do 1.500	> 500	14.000	24 – 48

*Izvor: Izradio autor prema – Gašparović, M.; Gajski, D.: Bespilotni sustavi za zračno snimanje – propisi i regulativa, Geodetski fakultet, Zagreb, 2015., lipanj 2018.*

### **3. PREGLED REGULATIVE O CIVILNOJ UPORABI DRONOVA**

Potreba za zakonskom regulativom dronova uvjetovalo je naglo širenje tržišta, te potreba za sigurno djelovanje tih sustava u civilne svrhe. Kako bi se regulirala i integrirala njihova upotreba postoje svjetske regulative kao što su European Aviation Safety Agency (EASA) kojoj podilaze europske države i Federal Aviation Administration (FAA) reguliraju zakone Sjedinjenih Američkih Država. Također postoje i zakonski okviri za UVA sustave na nacionalnim razinama iako u mnogim zemljama još nisu doneseni ili su u izradi te se međusobno uvelike razlikuju. Tako primjerice za Njemačku, Francusku, Indoneziju, Australiju, Meksiko i SAD još uvijek ne postoji dozvola za mogućnost leta izvan vidnog polja (BVLOS) bez izdavanja posebnih dozvola od lokalnog nadležnog zakonodavnog tijela [6].

#### **3.1. EUROPSKA REGULATIVA**

Međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo (engl. International Civil Aviation Organisation, ICAO) izdala je priručnik za korištenje bespilotnih letjelica, i u njemu se nalaze smjernice za daljnju regulativu, odnosno pomoć pri regulaciji na razini regija i država.

Europska agencija za sigurnost zračnog prometa (EASA) odgovorna je za osiguravanje sigurnosti i zaštite okoliša u zračnom prometu u Europi.

Prije službenog usvajanja nove Osnovne uredbe EASA, državne članice bile su odgovorne za sve bespilotne letjelice lakše od 150 kg. Uoči proširenja nadležnosti, EASA je u veljači 2018. godine odlučila Europskoj komisiji izdati prijedlog nove uredbe - EASA-ino mišljenje br. 01/20181. Europski je parlament 11. rujna 2018. usvojio ažurirana pravila o zrakoplovnoj sigurnosti za Europu, uključujući novi mandat EASA-e koji redefinira nadležnosti Agencije. Uredba (EU) 2018/1139 ovlašćuje Agenciju da Europskoj komisiji predloži tehničku stručnost za regulaciju bespilotnih letjelica svih veličina, uključujući i male [9].

Ovi prvi propisi o civilnim bespilotnim letjelicama na razini cijele EU temelje se na inovativnom načinu reguliranja, gdje se pravila održavaju što jednostavnijima s jakim fokusom na određeni rizik od operacija: letenje bespilotnom letjelicom iznad centra grada ili iznad mora povlači za sobom potpuno drugačiji rizik. Omogućit će daljinski upravljanim

zrakoplovima sigurno letenje u europskom zračnom prostoru i donijeti pravnu sigurnost za ovu brzo rastuću industriju[7].

Jedna od novina EASA-e je kombinacija zakonodavstva o proizvodima i zrakoplovstvu u tim novim pravilima. Konkretno, zahtjevi za dizajn malih bespilotnih letjelica (do 25 kg) provest će se upotrebom dobro poznate CE oznake („Conformité Européenne“) za proizvode koji se stavljaju na tržište u Europi. Svim europskim bespilotnim letjelicama dodijeljena je CE oznaka s brojem između 0 i 4, koji će odrediti klasu drona (C0, C1, C2, C3 i C4). Tada će operater u svakom paketu drona pronaći digitalne potrošačke informacije s "treba i ne treba" vezano za svaku klasu o tome kako sigurno letjeti bespilotnom letjelicom[7].

Uredba je uskladila operativne propise u Europi s ciljem stvaranja zajedničkog tržišta EU za dronove. Omogućeno je svima da kupe i upravljaju bespilotnom letjelicom osiguravajući [7]:

- Sigurnost, udaljavanjem dronova od zrakoplova s posadom, zaštitom ljudi i kritične i osjetljive infrastrukture;
- Sigurnost, držanjem dronova na odgovarajućoj udaljenosti od nuklearnih reaktora, vojnih baza ili naftovoda;
- Privatnost, pravilnim odvajanjem od stambenih područja;
- Zaštita okoliša, smanjenjem razine buke.
- CE označavanje i podaci o potrošačima

### ***U-prostor***

U-prostor je pojam usvojen za skup usluga koji podržavaju operacije niskoga nivoa bespilotnih letjelica (ispod 120 m). Potpuno automatizirana infrastruktura pružit će pilotima bespilotnih letjelica sve informacije potrebne za provođenje sigurne operacije, uključujući upravljanje zračnim prometom, i osigurat će da dronovi ne ulaze u bilo koju ograničenu zonu.

U-prostor će posebno pružiti potporu operacijama izvan vizualne vidljivosti (BVLOS) i bit će temeljna osnova za guste operacije u urbanim područjima. Najnovija tehnologija koristit će se za jačanje propisa i zaštitu prava građana.

Od 2019. godine U-prostor se postupno raspoređuje, postavljanjem temeljnih elemenata: registraciju dronova, elektroničku identifikaciju i geo-svijest. Dodatne funkcionalnosti

postupno će se dodavati sve dok U-prostor ne počne raditi 2025. godine, omogućavajući potpuno autonomne operacije.

Nova europska pravila o bespilotnim letjelicama stupit će na snagu 31. prosinca 2020[8].

### **3.2 ZAKONSKA REGULATIVA O UPORABI DRONOVA U REPUBLICI HRVATSKOJ**

Iako postoje zakonske regulative od strane glavnih svjetskih i europskih službi, svaka država određuje i propisuje svoja vlastita pravila. Letenje bespilotnih zrakoplova u Republici Hrvatskoj regulirano je sPravilnikom o sustavima bespilotnih zrakoplova (NN 104/2018). „U Hrvatskoj je upotreba dronova sve češća, pa potencijalni operatori moraju biti svjesni odgovornosti kako bi se osigurala sigurnost. Dronovi i modeli zrakoplova su bespilotni zrakoplovi koji su namijenjeni za izvođenje letova bez pilota u zrakoplovu, koji je ili daljinski upravljani ili programiran i autonoman.“ [10].

U Republici Hrvatskoj je Ministarstvo prometa, pomorstva i infrastrukture, iznijelo „Pravilnik o sustavima bespilotnih zrakoplova“. Pravilnik je stupio na snagu 15. prosinca 2018. godine, te je izdan od strane Narodnih Novina pod oznakom NN 104/2018. Sastoji od četiri djela ( Opće odredbe, Pravila letenja, Izvođenje letičkih operacija i Prijelazne i završne odredbe), sveobuhvatnosadrži 17 članaka, od kojih će neki biti prikazani u daljnjem tekstu[11].

U prvom djelu Pravilnika, pod nazivom „Opće odredbe“, uređeni su područje primjene pravilnika, pojmovi i kratice bitni za razumijevanje i tumačenje pravilnika, te stavke vezane uz označavanje bespilotnih zrakoplova koje je operator dužan osigurati.

Članak 1. odnosi na segmente koja zadovoljavaju kriterije za korištenje dronova u komercijalne svrhe:

(1) „Ovim Pravilnikom propisuju se uvjeti za sigurnu uporabu bespilotnih zrakoplova operativne mase do i uključujući 150 kilograma te uvjeti kojima moraju udovoljavati osobe koje sudjeluju u izvođenju letova tim zrakoplovima.

(2) Odredbe ovoga Pravilnika ne primjenjuju se na bespilotne zrakoplove:

a) kada obavljaju vojne, carinske ili policijske aktivnosti, traganje i spašavanje, gašenje požara, nadzor granice i obalne straže ili slične aktivnosti koje se poduzimaju u javnom interesu, ili

b) kada se koriste u zatvorenom prostoru.“

Drugi dio već spomenutog pravilnika sadrži dva članka: Članak 5. pod nazivom „Pravila letenja“ i Članak 6. „Dužnosti i odgovornosti pilota“ koji sadrži sljedeće:

(1) Pilot na daljinu mora:

a) upravljati bespilotnim zrakoplovom na siguran način, da ne predstavlja opasnost po život, zdravlje ili imovinu na tlu i u zraku te da ne narušava javni red i mir,

b) upravljati bespilotnim zrakoplovom sukladno primjenjivim propisima, letačkom priručniku ili uputama za upotrebu i operativnom priručniku kada je primjenjivo,

c) prije leta provjeriti ispravnost sustava bespilotnog zrakoplova,

d) provjeriti da li je bespilotni zrakoplov označen u skladu s člankom 3. ovoga Pravilnika,

e) osigurati područje uzlijetanja i slijetanja,

f) prikupiti sve potrebne informacije za planirani let i uvjeriti se da meteorološki i ostali uvjeti u području leta osiguravaju sigurno izvođenje leta,

g) osigurati da je sva oprema ili teret na bespilotnom zrakoplovu odgovarajuće pričvršćen na način da ne dođe do njegovog ispadanja,

h) upravljati na način da bespilotni zrakoplov tijekom uzlijetanja ili slijetanja sigurno nadvisuje sve prepreke,

i) stalno promatrati zračni prostor u području letenja bespilotnog zrakoplova kako ne bi doveo u opasnost druge zrakoplove, i

j) dati prednost zrakoplovu s posadom.

(2) Pilot na daljinu ne smije upravljati:

a) istovremeno s više bespilotnih zrakoplova, i/ili

b) unutar područja gdje se izvodi hitna intervencija.



Sadržaj u trećem dijelu Pravilnika „Izvođenje letačkih operacija“, prema navedenom izvoru [10] podijeljen je na 10 članaka po točkama od 6.-15. U Članku 6. odredbama pravilnika navedena je kategorizacija i u kojim uvjetima operator smije izvoditi letačke operacije (tablica 3.).

Operator smije izvoditi letačke operacije u skladu s uvjetima iz Tablice 3.

**Tablica 3 Uvjeti izvođenja letačke operacije koje operator smije izvoditi**

Kategorija letačkih operacija	BESPILOTNI ZRAKOPLOV		IZVOĐENJE LETAČKIH OPERACIJA		ZAHTJEVI ZA PILOTA NA DALJINU		ZAHTJEVI OPERATORA ZA	
	Operativna masa bespilotnog zrakoplova	Najveća brzina bespilotnog zrakoplova prema tehničkim specifikacijama proizvođača	Dio dana	Područje izvođenja operacija	Minimalna dob	Polaganje teorijskog/praktičnog ispita	Obaveza evidentiranja/odobrenja operatora	Dokumentacija operatora
<b>A</b>	<b>OM &lt; 250 g</b>	< 19 m/s	Danju i/ili noću	Naseljeno i/ili nenaseljeno područje	Nije primjenjivo	Nije primjenjivo	Nije primjenjivo	Nije primjenjivo
<b>B1</b>	<b>250 g ≤ OM ≤ 900 g</b>	< 19 m/s	Danju	Nenaseljeno područje	14 godina starosti, ili manje od 14 godina starosti, pod nadzorom punoljetne osobe	Nije primjenjivo	Nije primjenjivo	Nije primjenjivo
<b>B2</b>	<b>OM &lt; 5 kg</b>	Nije primjenjivo	Danju i/ili noću	Naseljeno i/ili nenaseljeno područje	16 godina	Nije primjenjivo	Evidencija	Nije primjenjivo
<b>C1</b>	<b>5 kg ≤ OM &lt; 25 kg</b>	Nije primjenjivo	Danju	Nenaseljeno područje	18 godina	Položen teorijski ispit iz poznavanja primjenjivih zrakoplovnih propisa koji provodi Agencija	Evidencija	Nije primjenjivo
<b>C2</b>	<b>5 kg ≤ OM ≤ 150 kg</b>	Nije primjenjivo	Danju i/ili noću	Naseljeno i/ili nenaseljeno područje	18 godina	a) Položen teorijski ispit iz poznavanja primjenjivih zrakoplovnih propisa koji provodi Agencija b) Demonstracija pripreme leta i letenja	Odobrenje	a) Operativni priručnik b) Zapisi o letu c) Upravljanje rizicima

Izvor: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018\\_11\\_104\\_2040.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_11_104_2040.html)

Članci 7., 8. i 9. „Pravilnika o sustavima bespilotnih zrakoplova“ sadrže stavke vezane uz Odstupanja kod izvođenja letačkih operacija, obavezne opreme prilikom izvođenja letačkih operacija noću, te dužnosti i odgovornosti operatera, a one su:

(1) Operator mora osigurati:

a) da se letačke operacije izvode sukladno primjenjivim propisima, letačkom priručniku ili uputama za upotrebu i operativnom priručniku, kako je primjenjivo,

b) da se letačke operacije izvode na siguran način, da ne predstavljaju opasnost po život, zdravlje ili imovinu na tlu i u zraku i da se ne narušava javni red i mir, i

c) da je pilot na daljinu dobio pravilne upute, dokazao svoje sposobnosti za izvođenje letačkih operacija te da je svjestan svojih odgovornosti i povezanosti takvih zadaća s operacijom kao cjelinom.

(2) Operator mora uspostaviti sustav izvješćivanja o događajima povezanim sa sigurnošću u zračnom prometu u skladu s primjenjivim propisima.

Nadalje, Članci 10. i 11. sadrže zapise o letu koje je operator obvezan voditi prilikom izvođenja letačkih operacija, te ukoliko postoji opasnost prilikom operacija, operator ju je obvezan dokumentirati te prepoznati, procijeniti i smanjiti rizik na prihvatljivu razinu. Provedeni zapisi moraju se čuvati najmanje tri godine od datuma leta.

Sukladno članku 12. operator je dužan izvoditi aktivnosti s dronom u skladu s odredbama operativnog priručnika koji sadrži bitne stavke poput ponašanja operatora u slučaju nužde, zatim kako održavati sustav bespilotnog zrakoplova, dužnosti i odgovornosti osoba uključenih u aktivnosti operatora, obavljanje izvješćivanja, upravljanje rizicima i slične aktivnosti.

Prema članku 13. "Evidencija operatora" Agencija vodi evidenciju operatora bespilotnog zrakoplova, sukladno s time:

(2) Operator mora:

a) evidentirati se u skladu s uvjetima iz članka 6. ovoga Pravilnika i na način koji odredi Agencija,

b) u roku od 10 dana prijaviti Agenciji svaku nastalu promjenu u evidenciji iz stavka 1. ovoga članka, i

c) obavijestiti Agenciju kada trajno prestane s izvođenjem letačkih operacija.

Članak 14. pod nazivom "Odobrenja Agencije" odnosi na zahtjeve koje podnosi operator te uz koje uvjete će se isti odobriti od strane Agencije. Dok posljednji članak trećeg dijela Pravilnika propisuje koje je dokumente pilot na daljinu obavezan imati prilikom izvođenja letačkih operacija. U posljednjem dijelu Pravilnika uređene suprijelazne i završne odredbe[11]. Ukratko najvažnija pravila za sigurno izvođenje letačkih operacija dana su na slici 4.



Slika 4 Sažeti prikaz zahtjeva za letenje dronovima

Izvor <http://www.caa.hr/letacke-operacije-sustavima-bespilotnih-zrakoplova-18055>

## **4. PRIMJENA DRONOVA U NADZORU PROMETA**

Rast broja vozila zahtjeva kontinuiranu nadogradnju cesta, te upravljanje prometom postaje sve važnije. Studija procjene protoka prometa koristi se za procjenu koliko određeni dio ceste prihvaća promet, kao i za utvrđivanje prioriteta nadogradnje cesta. Trenutne tehnike praćenja prometa koriste nametljive statičke senzore u obliku detektora induktivne petlje, infracrvenih (IR) detektora i radarskih pušaka. Vizualni nadzor često se vrši ručno, a operater satima gleda video snimke dok broji automobile koji prolaze kroz neko područje. Dva od značajnih problema povezanih s gore spomenutim tehnikama je što su one nametljive i dugotrajne. Prometne kamere postavljene su oko većine urbanih područja i koriste se prvenstveno iz sigurnosnih razloga.

Troškovi instalacije i održavanje opreme za snimanje i prateće infrastrukture znatni su, te atraktivno rješenje ovog problema je postavljanje jednostavnih platformi za slijetanje koje bi omogućile autonomnom bespilotnom zrakoplovu (UAV) provođenje potpuno autonomnih analiza protoka prometa [15]. Dronovi imaju prednost istovremeno biti mobilni i sposobni hvatati podatke tijekom dužeg vremenskog perioda. Oni su jeftinija alternativa koja nudi veliku fleksibilnost i visokokvalitetne podatke[13].

Dronovi se trenutno koriste u širokom spektru aplikacija koje se tiču velike infrastrukture i okoliša. Ova se tehnologija može posebno koristiti za brzo i pouzdano prikupljanje informacija tamo gdje postavljanje fiksnih senzora nije moguće. Prednost dronova je što nisu ograničeni na putovanje prometnim mrežama te mogu pružiti dragocjene informacije u kraćem vremenskom razdoblju[13].

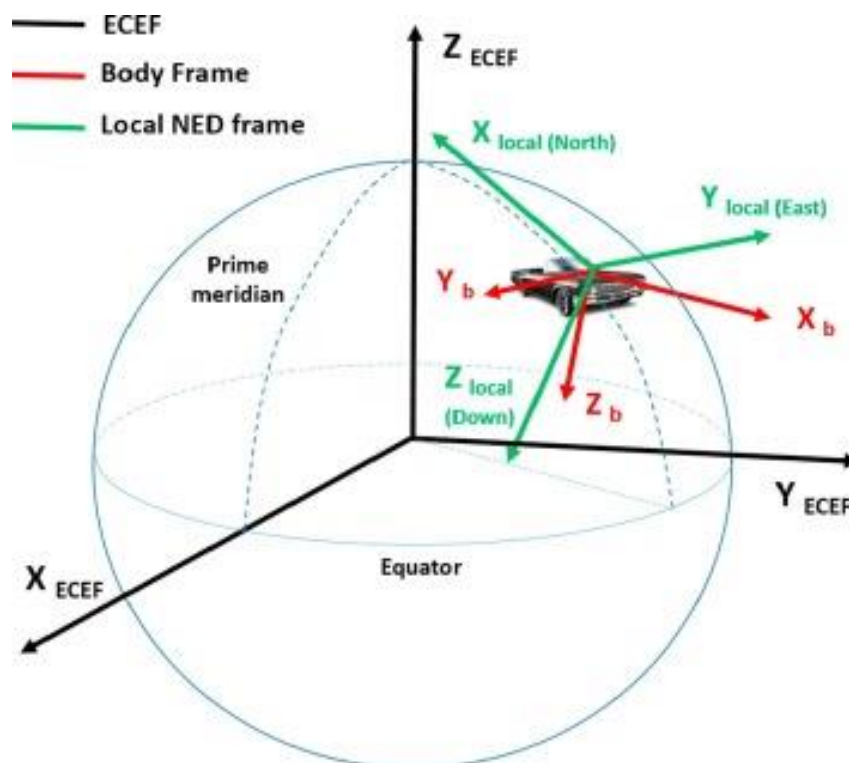
### **4.2 SENZORSKI SUSTAVI NA DRONOVIMA ZA MJERENJE PROMETNIH VELIČINA**

Dronovi su letjelice ili zrakoplovi bez posade, te se mogu nadzirati na daljinu preko daljinskog upravljanja ili samostalno letjeti uporabom unaprijed programiranim planom leta ili pomoću složenih autonomnih sustava. Dronovi s potpuno autonomnom navigacijom pružaju veliku funkcionalnost i u slučajevima kada se prekine radijski kontakt, te oni autonomno izvršavaju zadanu operaciju. Kako bi se snimci mogli georeferencirati potrebna je

točna lokacija snimka. Trenutačno najkorišteniji sustav za određivanje položaja drona je Globalni navigacijski satelitski sustav (engl. Global Navigation Satellite System, GNSS)[13].

#### 4.1.1GNSS

GNSS prijemnici su jeftini i malih dimenzija, te su postali standard za navigaciju bespilotnih letjelica i zrakoplova. GNSS koristi signale sa satelita u orbiti za izračunavanje položaja, vremena i brzine, međutim kad je vidokrug satelita blokiran preprekama poput drveća ili zgrada, navigacija postaje nepouzdana ili nemoguća. Kada je GNSS ugrožen zbog zapreka signala, Inercijalni navigacijski sustav (engl. Inertial Navigation System, INS) može nastaviti s učinkovitom navigacijom dulje vrijeme. INS koristi podatke o rotaciji i ubrzanju iz inercijalne mjerne jedinice (engl. Inertial measurement unit, IMU) za izračunavanje relativnog položaja tijekom vremena.



Slika 5 GNSS+INS sustav

Izvor: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263224118307899>

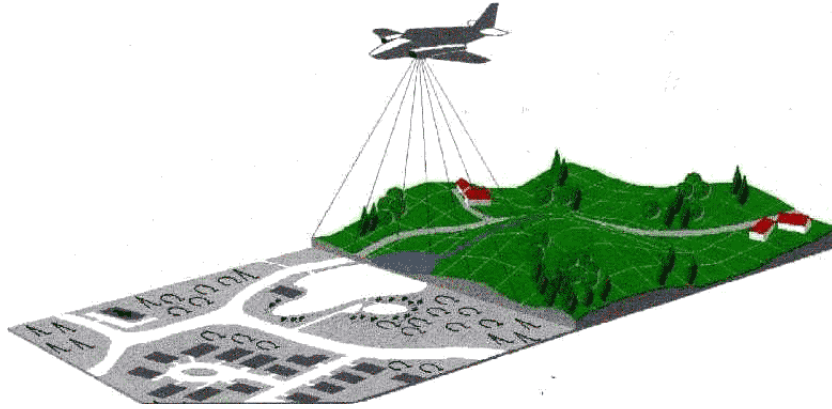
Prednost IMU mjerenja je što pružaju kutno rješenje oko tri osi. INS prevodi ovo kutno rješenje u rješenje lokalnog stava (kotrljanje, nagib i azimut) koje može pružiti, uz položaj i brzinu. INS zahtjeva početnu poziciju kako bi na osnovu akceleracije izračunao poziciju letjelice i za to je idealan GNSS (slika 5)[14.]

Ta dva sustava zadovoljavaju većinu potreba za navigaciju bespilotnih letjelica, međutim, ako se radi o letjelicama koje su namijenjene za jako niski let, let u blizini aerodroma, let u tunelima i slično, oni nisu dovoljno. Radi nedovoljno točnih podataka o svim ljudskim građevinama i instalacijama, te nemogućnosti utjecaja na neke promjenjive faktore kao što je visina drveća, bespilotnoj letjelici je potrebno nadodati još jedan sustav kao što je obična kamera za navigaciju (engl. Vision based Sensor Suite, GVSS). GVSS se sastoji od običnih kamera koje omogućuju procese detekcije i praćenja. Integracijom GNSS-a, INS-a i obične kamere dobivamo autonomnu letjelicu koja oponaša ljudskog pilota i neovisno o vanjskim utjecajima može sama izvršavati ispravke na svojoj ruti[13].

#### **4.1.2. LiDAR**

Posljednjih godina se sve više koristi tehnologija prostornog laserskog skeniranja, a osnovni mjerni instrument je LiDAR (engl. Light Detection and Ranging). LiDAR sustavi se temelje na laserskom dometu, koji mjeri udaljenost između senzora, izračunavanjem umnoška brzine svjetlosti i vremena potrebnog za emitirani laserski impuls do kojeg putuje ciljani objekt. Pomoću ove tehnologije moguće je u kratkom vremenu detaljno izmjeriti oblik površine terena i objekata na njoj. Uz pomoć njega i odgovarajućih softvera dobivamo 3D model stvarnosti. Tehnologija prostornog laserskog skeniranja dijeli se na:

- lasersko skeniranje iz zraka (eng. Airborne Laser Scanning – ALS) koje je prikazano na slici 6,
- lasersko skeniranje sa zemlje (eng. Terrestrial Laser Scanning - TLS) koje je prikazano na slici 7[16].



**Slika 6 Lasersko skeniranje iz zraka- ALS**

Izvor: [https://www.researchgate.net/figure/Airborne-Laser-Scanning-ALS-Data-acquisition\\_fig1\\_309683426](https://www.researchgate.net/figure/Airborne-Laser-Scanning-ALS-Data-acquisition_fig1_309683426)



**Slika 7 Zemaljsko lasersko skeniranje - TLS**

Izvor: <https://www.tendersontime.com/blogdetails/3d-tls-terrestrial-laser-scanner-2617/>

Sustavi laserskog skeniranja u zraku zahtijevaju vrlo precizni GNSS uređaj, te ih je vrlo jednostavno montirati na bespilotnu letjelicu. Princip rada ALS-a je da letjelica s pričvršćenim skenerom prelijeće područje koje je potrebno snimiti, te tako omogućuje na sigurniji i brži način provesti strukturnu analizu na regionalnoj razini, bez ulaska u opasnu zonu, a prilikom snimanja prometnica snimanje se može obaviti bez zaustavljanja prometa[13].

### 4.1.3. Video senzori

Da bi korisnicima bilo omogućeno da gledaju ili snimaju video ili audio, potreban je mrežni video nadzorni sustav. Za postizanje visoke kvalitete videa većina bespilotnih letjelica sadrži kardanski prsten (slika 8) koji dozvoljava rotaciju kamere oko svake osi. Ovisno o zahtjevima projekta, prikupljanje i procesiranje podataka može se izvršiti nakon završetka leta bespilotne letjelice ili stvarnovremenski koji se najčešće koristi prilikom praćenja vozila kako bi se nadziralo trenutno ponašanje vozača te smanjile nesreće i povećala sigurnost. Takav sustav se bazira na direktnom prijenosu videa s bespilotne letjelice na upravljačku jedinicu na zemlji što omogućuje da se slika analizira sa vrlo malim kašnjenjem u odnosu na vrijeme snimanja te slike tj. videa. Korištenjem mrežnih sustava video nadzora, omogućava se prijenos putem raznih komunikacijskih kanala kao što su LAN mreže, ISDN, širokopojasni Internet, telefonske i mobilne mreže. Dostupnost video informacija s udaljene lokacije omogućuje drastično smanjenje troškova transporta prema nadziranim lokacijama (i nazad) ne računajući brzinu kojom video informacija dolazi (i time povećava efikasnost). Ovu karakteristiku najviše se cijeni u incidentnim situacijama. U vrlo kratkom vremenu dostupne su video informacije o željenoj lokaciji.



**Slika 8 Kardanski prsten na bespilotnoj letjelici**

Izvor: <https://www.phila.gov/2018-04-13-drone-usage-and-faa-regulations/>



## 4.2 MJERENJE PROMETNIH VELIČINA PRIMJENOM DRONOVA

Mjerenje prometnih veličina uključuje brojanje vozila, brzinu, putanje kretanja, GPS položaje, gustoću, zagušenja i još mnogo toga. Ova mjerenja omogućuju davanje smjernica i prilagodbu infrastrukture za optimalan protok prometa. Podaci o korištenju cesta zahtijevaju veliku fiksnu infrastrukturu ili su radno zahtjevni. Tehnološki napredak u elektronici i komunikacijama nedavno je omogućio alternativu, bespilotne letjelice (UAV). Brojanje prometa bespilotnom letjelicom nudi brojne prednosti, poput brze izmjere protoka prometa na mjestima na kojima nema instaliranih kamera, te postizanje puno veće perspektive kamere. Sustav je u stanju istovremeno analizirati sve smjerove na složenom prometnom raskrižju, dok brojači ljudi mogu analizirati samo ograničeni broj smjerova. Još jedna prednost ovog sustava je što se mjerenja mogu izvoditi dulje vrijeme. Sloboda pozicioniranja drona i kratko vrijeme postavljanja omogućuju precizna mjerenja prometa na svakom prometnom prijelazu u kratkom vremenu, te nudi sigurno i točno rješenje.

### 4.2.1 Mjerenje gabarita prometnice

Nadgledanje stanja cestovnih mreža ključno je za učinkovito upravljanje prometom. U ovom djelu rada opisan je projekt snimanja iz zraka u kojem je vidljiva veličina prometa, te se sastoji od tri faze:

- pripremni terenski radovi,
- snimanje iz zraka,
- obrade podataka. [17]

Za orijentaciju i kontrolu zračnog snimanja potrebno je postaviti orijentacijske točke na teren da budu jasno uočljive prilikom zračnog snimanja. Oblik signala mora biti simetričan, te je moguća signalizacija i pomoću drvenih ploča dimenzija 40 cm x 40 cm ili 20 cm x 20 cm (slika 9). Orijetacijske točke određuju se geodetskim metodama: triangulacija, precizna poligonometrija ili GNNS [17].



**Slika 9** Orijentacijska točka

*Izvor:* Govorčin, M., Kovačić, F., Žižić, I. (2012): Bepilotne letjelice SenseFly Swinglet AM

Uspostavom signalizacijskih točaka prelazi se na idući korak, tj. planiranje leta uz pomoć Swinglet Cam letjelice. Uz pomoć softvera letjelica automatski skida sa satelitske karte područja snimanja s interneta. Na tim kartama označava se područje snimanja, te se podešava rezolucija snimanja nakon kojeg softver sam računa i prikazuje plan leta (slika 10).

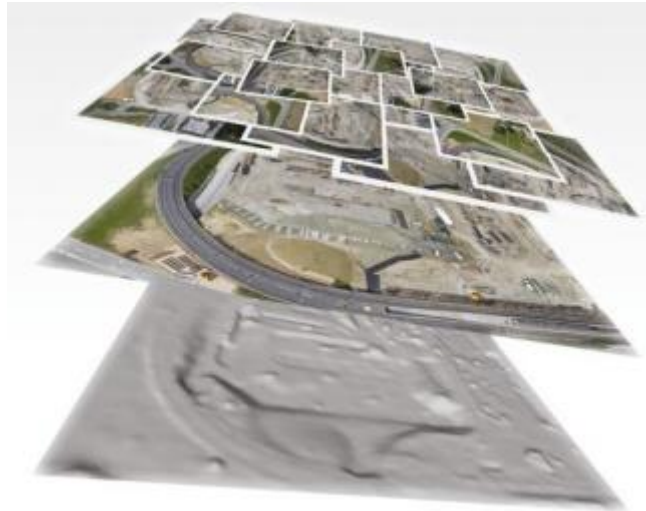


**Slika 10** Plan leta

*Izvor:* Govorčin, M., Kovačić, F., Žižić, I. (2012): Bepilotne letjelice SenseFly Swinglet AM

Nakon unosa podataka s laptopa, dron je spreman za polijetanje. Samo snimanje iz zraka (od uzlijetanja do slijetanja) kao i obrada podataka (princip računalstva u oblaku (eng. cloud computing) potpuno je automatiziran proces. Krajnji rezultat su: digitalni ortofoto (DOF)

(slika 11), Google Earth prikaz, digitalni model terena (slika 12) i izvješće o projektu (prikaz kvalitete i ocjena točnosti) [17].



**Slika 11 Digitalni ortofoto**

*Izvor:* Govorčin, M., Kovačić, F., Žižić, I. (2012): Беспилотне летјелце SenseFly Swinglet AM

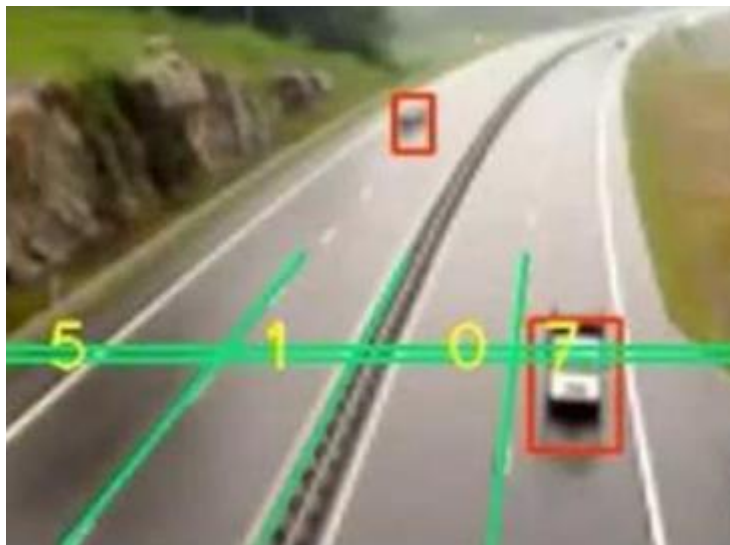


**Slika 12 Model prometnice**

*Izvor:* Govorčin, M., Kovačić, F., Žižić, I. (2012): Беспилотне летјелце SenseFly Swinglet AM [17]

## 4.2.2 Brojanjevozila na prometnicama

Nadgledanje stanja cestovnih mreža ključno je za učinkovito upravljanje prometom. Brojanje prometa na prometnicama moguće je istim načinom kao što je opisano u poglavlju 4.2.1 „Mjerenje gabarita prometnice“. Bepilotna letjelica se pozicionira iznad željene lokacije, te se uz pomoć aplikacija unose određene naredbe i označava željena prometnica. Brojanje vozila na autocesti je vrlo jednostavan zadatak, koji se izvodi sa nekoliko naredbi u algoritmima za brojanje vozila. Vozila će se brojati, ukoliko prođu virtualnom trakom koja je označena sa ulazom. Vozila su registrirana samo ako prođu kroz ulaz (slika 13), te se njihov prolazak sprema u bazu podataka[13].



**Slika 13 Ulazna virtualna vrata na autocesti**

*Izvor: Strikinac, F. (2016.), BESPILOTNE LETJELICE U FUNKCIJI UPRAVLJANJA INCIDENTNIM SITUACIJAMA U PROMETU, Fakultet prometnih znanosti*

Bilježi se: kada je vozilo prošlo kroz vrata, u kojoj traci i u kojem smjeru. Na taj način skupljaju se informacije u bazi podataka, te se računaju analize potrebne za određenu prometnicu. Brojanje prometa bespilotnom letjelicom nudi visokokvalitetnu alternativu brojanju prometa, te sigurno i točno rješenje [13].

Bespilotnom letjelicom postiže se puno veća perspektiva kamere te je u stanju istovremeno analizirati sve smjerove na složenom prometnom raskrižju. Ukoliko je intenzitet dolazaka vozila prevelik u određenoj prometnoj traci, bespilotna letjelica izdaje naredbu o produljenju

zelenog svijetla na semaforu. Na taj način moguće je smanjenje gužve i povećava se protočnost raskrižja.

Istiprincip se koristi i kod brojanja vozila na kružnom toku. Broj virtualnih vrata kroz koja prolaze vozila, odgovara broju izlaza odnosno ulaza u kružnom toku. Pomoću prikupljenih podataka definira se od kuda je intezitet prometa najveći, a gdje najmanji, što omogućuje budućoj prilagodbi kružnog toka za dodatnim ulazim i izlazima, kako bih se promet odvija uz minimalna zagušenja (slika 14) [12].



**Slika 14 Brojanje vozila i njegove brzine na kružnom toku pomoću drona**

*Izvor: <https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/what-gnss>*

### **4.2.3 Bilježenje brzine vozila**

Vrlo je važno precizno otkriti i pratiti vozila kako bi se postigli točni rezultati otkrivanja brzine. Za vrijeme praćenja, bespilotna letjelica se kreće iznad vozila te osim kretanja i brzine vozila, moguće je bilježiti i akceleraciju vozila. Dostupnost podataka u svakom trenutku omogućuje bolju kontrolu prometa od osoblja koja se brine za sigurnost prometnica (slika 15).



**Slika 15 Prikaz praćenja i mjerenja brzine i akceleracije vozila**

*Izvor: <https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/what-gnss>*

Ako je primijećeno prebrzo kretanje vozila ili grupe vozila, bespilotna letjelica može izdati naredbu uređajima za smirivanje prometa. Uređaji za smirivanje prometa mogu biti svjetlosni signali koji su postavljeni na tlu ili podesivi cestovni uspornik (slika 16).



**Slika 16 Podesivi cestovni uspornik**

*Izvor: <https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/what-gnss>*



## 4.3 NADZOR INCIDENTNIH SITUACIJA U PROMETU

### 4.3.1 Primjena bespilotnih letjelica prilikom prometne nesreće

Pri obavljanju očevida prometnih nesreća još uvijek se koriste tradicionalne metode mjerenja kao što su mjerna traka, metalni metar i mjerna kolica, na što se gubi mnogo vremena. Mjerenje je važna komponenta izrade situacijskog plana mjesta prometne nesreće. Osnovni je zadatak da se utvrdi točni prostorni odnos tragova i predmeta koji su važni za razjašnjavanje dinamike i ostalih elemenata nastale prometne nesreće.

Optimalna fotografija za rektifikaciju mjesta događaja je ona koja je snimljena iz položaja što bliže „ptičjoj perspektivi“, te se ovaj problem rješavao na razne načine, korištenjem ljestava, objekata koji se nalaze uz mjesto događaja, visinskih vatrogasnih vozila itd. Pojavom bespilotnih letjelica ovaj problem je vrlo uspješno riješen (slika 17). U navedenom članku opisan je prikaz primjene bespilotne letjelice „MR8X“, u kombinaciji s PC Rect-om, totalnom mjernom stanicom, te softverskog programa „Easy Street Draw 4“ za grafičku obradu.



**Slika 17 Prikaz mjesta događaja s podignutom letjelicom**

*Izvor: STRUČNI ČLANAK (PROFESSIONAL PAPER) UDK: 343.618 dr.sc. Željko Mršić, viši predavač na Visokoj policijskoj školi Mile Klanac dipl. ing., nastavnik predmeta struke, Policijska akademija MUP RH  
SUVREMENE TEHNOLOGIJE U OBAVLJANJU OČEVIDA PROMETNIH NESREĆA*

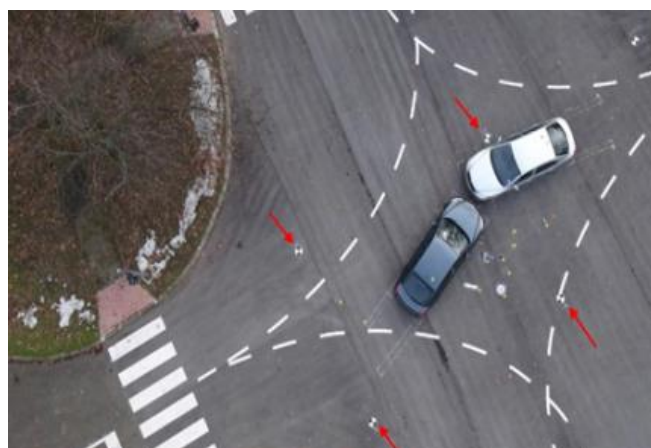
Na monitoru upravljačke konzole letjelice, u realnom vremenu vidi se ono što letjelica snima. Kamera može istovremeno bilježiti video i foto zapis u visokoj HD rezoluciji (slika 18).



**Slika 18 Monitor upravljačke konzole**

*Izvor: STRUČNI ČLANAK (PROFESSIONAL PAPER) UDK: 343.618 dr.sc. Željko Mršić, viši predavač na Visokoj policijskoj školi Mile Klanac dipl. ing., nastavnik predmeta struke, Policijska akademija MUP RH  
SUVREMENE TEHNOLOGIJE U OBAVLJANJU OČEVIDA PROMETNIH NESREĆA*

Prije snimanja fotografije, da bi se ona kasnije mogla rektificirati, potrebno je na mjestu događaja označiti „markere“ (crvene strelice), odnosno četiri nekolinearne točke s izmjerenim udaljenostima između njih (slika 19).

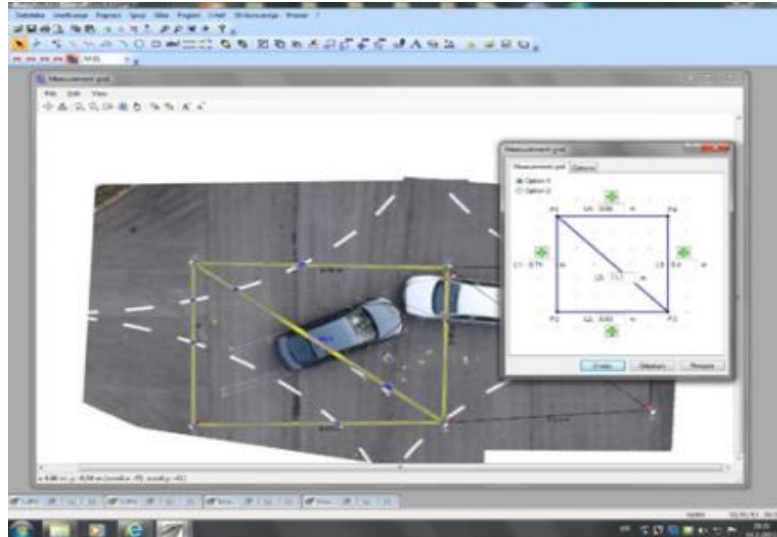


**Slika 19 Prikaz markera**

*Izvor: STRUČNI ČLANAK (PROFESSIONAL PAPER) UDK: 343.618 dr.sc. Željko Mršić, viši predavač na Visokoj policijskoj školi Mile Klanac dipl. ing., nastavnik predmeta struke, Policijska akademija MUP RH  
SUVREMENE TEHNOLOGIJE U OBAVLJANJU OČEVIDA PROMETNIH NESREĆA*



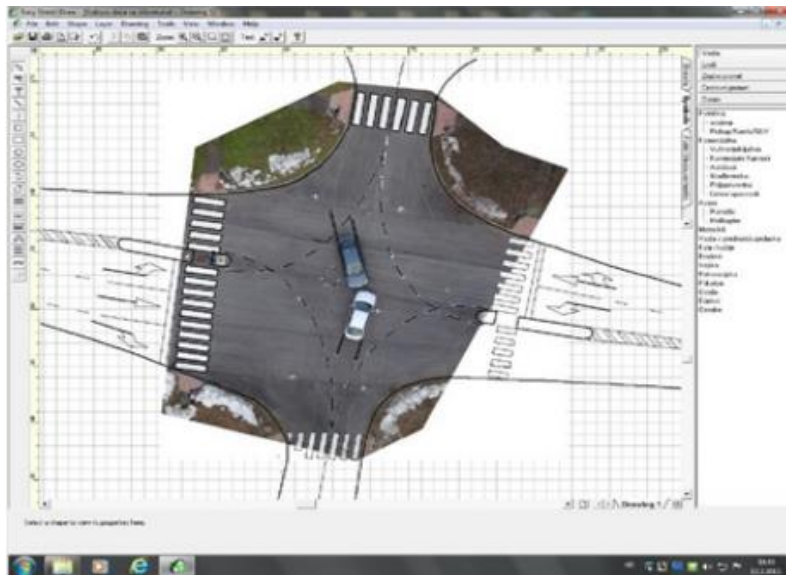
U PC Rect se unosi fotografija na kojoj se označavaju četiri „markera“ te se unose izmjerene udaljenosti između njih, nakon čega se fotografija rektificira (slika 20).



**Slika 20 Unos fotografija**

*Izvor: STRUČNI ČLANAK (PROFESSIONAL PAPER) UDK: 343.618 dr.sc. Željko Mršić, viši predavač na Visokoj policijskoj školi Mile Klanac dipl. ing., nastavnik predmeta struke, Policijska akademija MUP RH  
SUVREMENE TEHNOLOGIJE U OBAVLJANJU OČEVIDA PROMETNIH NESREĆA*

Prikaz rektificirane fotografije cijelog raskrižja unesene u softverski program „Easy Street Draw 4“ u raskrižje koje je već prethodno izmjereno pomoću totalne mjerne stanice. Iz fotografije je vidljivo kako su mjere raskrižja iz Totalne mjerne stanice u potpunosti podudarne s mjerama koje su dobivene iz rektificirane fotografije, iz čega se zaključuje da je na osnovu samo jedne fotografije iz bespilotne letjelice moguće sačiniti situacijski plan nekog raskrižja, uz vrlo visoku točnost, bez prevelikog utroška vremena (slika 21).



**Slika 21 Prethodna fotografija nakon rektifikacije**

*Izvor: STRUČNI ČLANAK (PROFESSIONAL PAPER) UDK: 343.618 dr.sc. Željko Mršić, viši predavač na Visokoj policijskoj školi Mile Klanac dipl. ing., nastavnik predmeta struke, Policijska akademija MUP RH  
SUVREMENE TEHNOLOGIJE U OBAVLJANJU OČEVIDA PROMETNIH NESREĆA*

Ručnim mjerenjem koje se u praksi najčešće primjenjuje (raskrižja i ostalih pozicija), ne mogu se postići ni približni rezultati, kako u točnosti tako ni u utrošku vremena. Osim za točnu izmjeru mjesta događaja i pronađenih tragova, bespilotne letjelice i PC Rect-a se efikasno mogu koristiti kod mjerenja veličine i oblika deformacija vozila koja su bitna u izračunu izgubljene brzine na osnovu energetskih rastera, tj. kada je potrebno napraviti „tlocrtnu snimku“ vozila. Tlocrtna fotografija snimljena iz bespilotne letjelice, na osnovu poznatih mjera, širine i dužine vozila, rektificira se pomoću programa PC Rect. Na takvoj fotografiji direktno se mogu vršiti potrebna mjerenja ili se na nju „prenosi“ odnosno ucrtava energetski raster te oblik deformacije vozila (slika 22).



**Slika 22 prikaz deformacija na vozilu**

*Izvor: STRUČNI ČLANAK (PROFESSIONAL PAPER) UDK: 343.618 dr.sc. Željko Mršić, viši predavač na Visokoj policijskoj školi Mile Klanac dipl. ing., nastavnik predmeta struke, Policijska akademija MUP RH  
SUVREMENE TEHNOLOGIJE U OBAVLJANJU OČEVIDA PROMETNIH NESREĆA*

#### **4.3.2 Primjena dronova u željezničkim nesrećama**

Katastrofe su uvijek bile dio ljudskog života. Njihova ozbiljnost i učestalost te globalni učinci povećali su se do te mjere da je zaštita od njih postala najveći prioritet i najveća važnost danas. Ogromne štete koje su prouzročile katastrofe, imaju ozbiljne ekonomske i socijalne učinke. Danas postupci željezničkih operacija uključuju prijevoz velike količine opasnih tvari, te ovaj članak istražuje mogućnosti kako bi se osiguralo lakše prepoznavanje opasnog materijala ispuštenog u okoliš tijekom željezničkih nesreća ili katastrofa. Cilj ovog članka je pokazati mogućnost korištenja RFID (engl. Radio-frequency identification) i drona za identifikaciju opasnog otpada [19]. RFID je tehnologija koja koristi radio frekvenciju kako bi se razmjenjivale informacije između prijenosnih uređaja/memorija i host računala [18].

Sustav željezničke infrastrukture izložen je povećanom riziku, a zaštitu je teško osigurati zbog svog zemljopisnog proširenja. Važno je osigurati sigurnu identifikaciju i odgovarajuće rukovanje s opasnim otpadom kada dođe u kontakt s okolinom tijekom nesreće ili katastrofe.

Na primjer, u slučaju prikazanom na slici 23, RFID identifikacija u mogućnosti je pružiti neposrednu informaciju o svojstvima prevezene robe.



**Slika 23 U ovoj situaciji samo RFID tehnologija može pružiti trenutne informacije o prevezenoj robi**

*Izvor:* <https://www.researchgate.net/publication/318507815> Radiofrequency Identification by using Drones in Railway Accidents and Disaster Situations

Uobičajeno je u slučaju nesreće ili katastrofe da položaj vagona ometa čitanje naljepnica ili drugih pisanih podataka. Nosač informacija može biti oštećen ili izgubljen. Međutim, uz pomoć drona opasna roba može se odmah identificirati. Informacije stečene čitanjem uz pomoć radio frekvencija mogu se proslijediti Upravi za katastrofe i Tijelu za kemijsku zaštitu željeznica, te drugih sudionika koji pomažu u akciji spašavanja. Na taj se način može stručnjaka upoznati sa situacijom prije nego što stigne na mjesto nesreće, i mogu se opremiti s odgovarajućom opremom, zaštitnom odjećom, te unaprijed osmišljenom strategijom spašavanja i neutralizacije. Još jedna prednost ove metode je što se može koristiti čak i ako je mjestu teško pristupiti ili ako je potpuno nepristupačno. Osiguravanjem bržeg i profesionalnijeg spašavanja ovaj sustav može smanjiti količinu opasnih tvari koja se pretvara u opasni otpad na prugu i okolnog područja, jer je vrijeme važan čimbenik širenja zagađenja.

Mnogo puta nije moguće utvrditi koji je od deset vagona cisterni kojih se nagomilalo u nesreći najopasniji. Prikladno opremljeni dron (slika 24) može pomoći u identifikaciji.

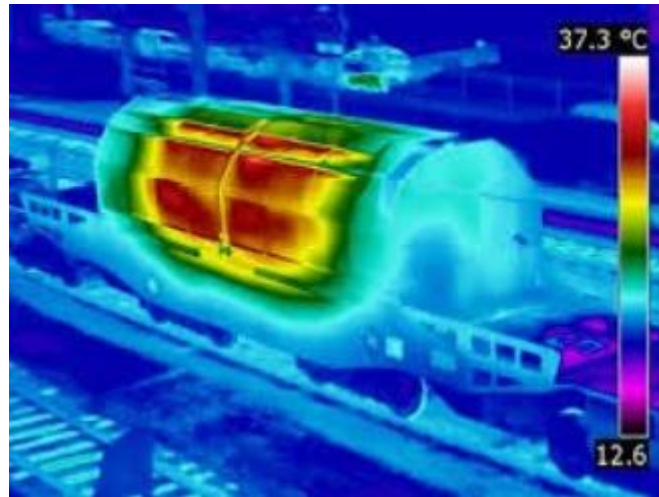


**Slika 24** Беспилотна летјелца твртке ADASA способна за RFID скенирање

*Izvor:* <https://www.researchgate.net/publication/318507815> Radiofrequency Identification by using Drones in Railway Accidents and Disaster Situations

Moguća uporaba dronova u željezničkim operacijama:

- Identifikacija opasne robe
- Praćenje temperature vagona cisterni
- Otkrivanje ilegalnog odlaganja otpada
- Provjera tehničkih uvjeta željezničkih vozila i kolosijeka na ruti
- Zaštita od ilegalnog otvaranja, krađe opasne robe
- Provjera sigurnosti pružnih prijelaza
- Nadzor prekidača, sustava za zaključavanje i signalnih svjetala te njihova zamjena prilikom kvara
- Praćenje prisutnosti neovlaštenih osoba
- Otkrivanje pomaka, pada, istjecanja ili prašine tereta
- Pregled oštećenja željezničkih vagona
- Mjerenje razine zračenja u slučaju prijevoza radioaktivnog otpada(slika 25)
- Otkrivanje i osvjetljavanje mjesta nesreće ili katastrofe
- Donošenje paketa za spašavanje (medicinskih i kemijskih) do mjesta katastrofe.



**Slika 25 Podaci o opasnoj radioaktivnoj pošiljci pomoću drona opremljenim sa termo senzorom**

*Izvor:* [https://www.researchgate.net/publication/318507815\\_Radiofrequency\\_Identification\\_by\\_using\\_Drones\\_in\\_Railway\\_Accidents\\_and\\_Disaster\\_Situations](https://www.researchgate.net/publication/318507815_Radiofrequency_Identification_by_using_Drones_in_Railway_Accidents_and_Disaster_Situations)

Dodavanjem lako promjenjive opreme, dronovi imaju značajne prednosti u svrhu državnih odgovornosti, najčešće u područjima upravljanja katastrofama, prevencije kriminala, provođenja zakona, granične policije, službe za sigurnost života i zdravstvene zaštite [19].

## **5. KORIŠTENJE DRONOVA ZA NADZOR PROMETA U REPUBLICI HRVATSKOJ**

Jedan od primjera za nadzor prometa u Republici Hrvatskoj je projekt pod nazivom Viva drone patrol. Cijeli projekt osmišljen je od strane stručnjaka Bina-Istre, tvrtke koja upravlja Istarskim ipsilonom.

U testnoj fazi koristio se dron DJI Matrice 100 na dionici autoceste Ivoli - Cerovlje. Radi neotpornosti na vodu u tijeku je nabava modela 200 koji može letjeti i po kiši. Dron je potpuno autonoman te se kreće po unaprijed određenoj ruti. Uz HD kameru, dron ima i ugrađenu posebnu infracrvenu kameru s dodatkom termalnog snimanja, koja omogućava nadzor noću i maglovitim uvjetima.

Sustav je također spojen i s meteostanicom autoceste te prije i tijekom letenja dron ima mogućnost provjere meteoroloških uvjeta. Autonomija drona je oko 35 minuta, a brzina je do 70 kilometara na sat. Dron leti na visini od 20 do 40 metara, ali nikad iznad same prometnice. Zona zabrane leta je 25 metara od trase autoceste. Dron je u neutralnoj boji kako bi se stopio s okolinom i bio što manje zamjetljiv, te ne bi odvrćao pozornost vozača na autocesti.

Tijekom leta dron šalje sliku s autoceste u Centar za kontrolu prometa, a operateri u slučaju potrebe mogu zaustaviti letjelicu, narediti joj vraćanje ili lebdenje iznad određene točke. Visokokvalitetna rezolucija slike operateru daje uvid u najsitnije detalje na prometnici kao što su oštećenja kolnika, životinja na cesti, ostavljenog predmeta i slično. To omogućuje mnogo bržu intervenciju ophodara, koji kad prime informaciju mogu odmah izaći na teren.

Zbog iznimno pozitivnih rezultata testiranja uskoro će se dronovi za nadzor prometa na Istarskom ipsilonu koristiti konstantno. Bina-Istra najavljuje kako će uskoro krenuti u nadzor prometa s dva drona, a za pokrivanje cijelog Ipsilona trebat će šest do sedam dronova. Snimke napravljene dronom u budućnosti bi mogle pomoći i policiji u hvatanju nesavjesnih vozača, kod prometnih nesreća ili kontrole prometa tijekom ljetnih mjeseci.

Projekt Viva Drone Patrol dobio je u Parizu 2016. godine prvu nagradu na međunarodnom natječaju inovacija, a interes za njega pokazalo je više tvrtki u svijetu koje se bave upravljanjem u cestovnom i željezničkom prometu.





**Slika 26Istarski ipsilon**

*Izvor: <https://www.jutarnji.hr/globus/biznis/istarska-inovacija-mijenja-nacin-upravljanja-prometom-bina-istra-ce-za-nadzor-prometa-koristiti-dronove-koji-mogu-letjeti-i-po-kisi-7119393>*



## 6. ZAKLJUČAK

Tema završnog rada je istražiti primjenu dronova prilikom nadzora prometa. Korištenjem novih tehnologija te unapređenjem sustava dronova ostvarila bi se znatna poboljšanja u pružanju stvarnovremenskih i preciznih podataka o stanju prometa. Također se ovom metodom može izvršiti lakši i sigurniji način identifikacije u slučaju nesreće ili katastrofe, bez izravnog sudjelovanja ljudskih resursa. Korištenje dronova u civilne svrhe prethodilo je razvoju zakonskih propisa kako bi se osigurala sigurna i regulirana uporaba zračnog prostora.

Veća nosivost dronova, duža autonomija leta, te potpuno samostalno upravljanje letom proširuje mogućnosti njihove upotrebe.

Upravljanje i komunikacija bežičnom mrežom dvije su ključne točke koje čine bespilotnu letjelicu korisnijom od ostalih metoda koje se trenutno koriste. Prva osobina ih osposobljava za praćenje vozila na zemlji, dok druga osobina omogućuje prijenos i primanje uputa te slikovnih i video informacija do zemaljske baze.

Prema analizi podataka u Republici Hrvatskoj prilikom brojanja prometa ustanovljen je konstantan porast cestovnog prometa. Promet ima sve veće značenje kako u prijevozu tereta tako i u prijevozu putnika. Porast prometa rezultira povećanje potrošnje goriva, onečišćenja, povećanjem broja rizičnih situacija itd. Kontinuiranim nadziranjem prometa iz zraka možemo dobiti kvalitetne podatke o razvoju situacije na prometnicama, te s time pridonijeti poboljšanju cjelokupnog prometnog sustava.

## LITERATURA

- [1] [URL:https://www.warhistoryonline.com/military-vehicle-news/short-historydrones-part-1-x.html](https://www.warhistoryonline.com/military-vehicle-news/short-historydrones-part-1-x.html), pristup 12.8.2020.
- [2]<https://www.dronethusiast.com/history-of-drones/>, pristup 10.8.2020.
- [3] Bernauw, K. (2016.), Drones: the emerging era of unmanned civil aviation, Zbornik Pravnog Fakulteta U Zagrebu
- [4]<https://www.e-education.psu.edu/geog892/node/5>, pristup 1.9.2020.
- [5] Ivković, I. (2017.), Odabir vrste bespilotne letjelice primjenom podrške odlucivanja, Fakultet strojarstva i brodogradnje
- [6] PWC - Powerdrone Solutions, "Clarity from above - PwC global report on the commercial applications of drone technology," 2016.
- [7]<https://www.easa.europa.eu/newsroom-and-events/news/safe-operations-drones-europe>, pristup 02.09.2020.
- [8] <https://www.easa.europa.eu/domains/civil-drones-rpas>, pristup 23.8.2020.
- [9]<http://createsend.com/t/d-565F2D18421D9F582540EF23F30FEDED>, pristup 25.8.2020.
- [10] <https://www.ccaa.hr/letacke-operacije-sustavima-bespilotnih-zrakoplova-18055>, pristup 1.9.2020.
- [11][https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018\\_11\\_104\\_2040.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_11_104_2040.html), pristup 4.9.2020.
- [12]<https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/what-gnss>, pristup 3.9.2020.
- [13] Strikinac, F.(2016.), BESPILOTNE LETJELICE U FUNKCIJI UPRAVLJANJA INCIDENTNIM SITUACIJAMA U PROMETU, Fakultet prometnih znanosti
- [14][https://novatel.com/an-introduction-to-gnss/chapter-6-gnss-ns/gnss-ns-systems](https://novatel.com/an-introduction-to-gnss/chapter-6-gnss-ins/gnss-ns-systems), pristup 2.9.2020.
- [15][https://www.researchgate.net/publication/279537782\\_DRONE-BASED\\_TRAFFIC\\_FLOW\\_ESTIMATION\\_AND\\_TRACKING\\_USING\\_COMPUTER\\_VISION](https://www.researchgate.net/publication/279537782_DRONE-BASED_TRAFFIC_FLOW_ESTIMATION_AND_TRACKING_USING_COMPUTER_VISION), pristup 2.9.2020.
- [16] Portner-Špehar, T. (2019.), Solid state lidar kao senzor za izmjeru ,Geodetski fakultet

[17] Govorčin, M., Kovačić, F., Žižić, I. (2012): Bepilotne letjelice SenseFly Swinglet CAM

[18] <https://hr.wikipedia.org/wiki/RFID>, pristup 18.8.2020.

[19] [https://www.researchgate.net/publication/318507815\\_Radiofrequency\\_Identification\\_by\\_using\\_Drones\\_in\\_Railway\\_Accidents\\_and\\_Disaster\\_Situations](https://www.researchgate.net/publication/318507815_Radiofrequency_Identification_by_using_Drones_in_Railway_Accidents_and_Disaster_Situations), pristup 18.8.2020.

[20] <https://www.jutarnji.hr/globus/biznis/istarska-inovacija-mijenja-nacin-upravljanja-prometom-bina-istra-ce-za-nadzor-prometa-koristiti-dronove-koji-mogu-letjeti-i-po-kisi-7119393>, pristup 2.9.2020.

[21] Cindrić, M. (2016.), Programiranje bepilotnih letjelica, Fakultet organizacije i informatike

## POPIS TABLICA

Tabela 1 Klasifikacija bespilotnih letjelica .....	6
Tabela 2 Kategorije bespilotnih sustava.....	7
Tabela 3 Uvjeti izvođenja letačke operacije koje operator smije izvoditi.....	12

## POPIS SLIKA

Slika 1 “Kettering Bug“ bespilotni zračni torpedo.....	3
Slika 2 DH82B Queen Bee.....	3
Slika 3 Tretiranje polja uz pomoć dronova .....	4
Slika 4 Sažeti prikaz zahtjeva za letenje dronovima .....	14
Slika 5 GNSS+INS sustav .....	16
Slika 6 Lasersko skeniranje iz zraka- ALS.....	18
Slika 7 Zemaljsko lasersko skeniranje - TLS .....	18
Slika 8 Kardanski prsten na bespilotnoj letjelici .....	19
Slika 9 Orijentacijska točka.....	21
Slika 10 Plan leta.....	21
Slika 11 Digitalni ortofoto.....	22
Slika 12 Model prometnice .....	22
Slika 13 Ulazna virtualna vrata na autocesti .....	23
Slika 14 Brojanje vozila i njegove brzine na kružnom toku pomoću drona.....	24
Slika 15 Prikaz praćenja i mjerenja brzine i akceleracije vozila .....	25
Slika 16 Podesivi cestovni uspornik.....	25
Slika 17 Prikaz mjesta događaja s podignutom letjelicom .....	26
Slika 18 Monitor upravljačke konzole .....	27
Slika 19 Prikaz markera .....	27
Slika 20 Unos fotografija .....	28
Slika 21 Prethodna fotografija nakon rektifikacije.....	29
Slika 22 prikaz deformacija na vozilu .....	30
Slika 23 U ovoj situaciji samo RFID tehnologija može pružiti trenutne informacije o prevezenoj robi .....	31
Slika 24 Bespilotna letjelica tvrtke ADASA sposobna za RFID skeniranje .....	32
Slika 25 Podaci o opasnoj radioaktivnoj pošiljci pomoću drona opremljenim sa termo senzorom .....	33
Slika 26 Istarski ipsilon .....	35