

Primjena bespilotnih letjelica u verifikaciji incidentnih situacija u prometu

Lučić, Josip

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

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:119:527108>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-31**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Josip Lučić

**PRIMJENA BESPILOTNIH LETJELICA U VERIFIKACIJI INCIDENTNIH
SITUACIJA U PROMETU**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2015.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

ZAVRŠNI RAD

**PRIMJENA BESPILOTNIH LETJELICA U VERIFIKACIJI INCIDENTNIH
SITUACIJA U PROMETU**

Mentor: dr. sc. Pero Škorput
Student: Josip Lučić, 0035184180

Zagreb, 2015.

SAŽETAK

Verifikacija incidentnih situacija u prometu je uz detekciju ključna faza čije se trajanje i način na koji je izvedena može značajno odraziti na ostale faze u upravljanju incidentima. U operativnim uvjetima u urbanim sredinama od velike je važnosti verificirati i kategorizirati incidentnu situaciju kako bi faze koje slijede iza verifikacije bile odrađene na optimalan način. Autonomne bespilotne letjelice mogu u vrlo kratkom vremenu i vrlo učinkovito verificirati incidentnu situaciju, te poslati informacija sa mjesta događaja. U ovom završnom radu tema je obrađena kroz 6 cjelina, a to su:

1. Uvod,
2. Proces upravljanja incidentnim situacijama u prometu,
3. Autonomne bespilotne letjelice,
4. Komunikacijski protokoli i sučelja za upravljanje bespilotnim letjelicama,
5. Primjer početnog rješenja ITS aplikacije za verifikaciju incidentne situacije,
6. Zaključak.

Ključne riječi: ITS; bespilotne letjelice; incidentne situacije

SUMMARY

Verification of traffic incident situations is alongside detection key phase whose duration and manner of conduction could significantly reflect on other phases in incident management. In operating conditions in urban environment it's of big importance to verify and categorize incident situation so that the following phases could be performed on an optimal way. Autonomous unmanned aerial vehicles can verify incident situation in very short time and very efficient, and send information from the scene. In this final work topic will be processed through 6 units:

1. Introduction,
2. Traffic incident management process,
3. Autonomous unmanned aerial vehicles,
4. Communication protocols and interfaces for controlling unmanned aerial vehicles,
5. Example of starting solution of ITS application for verification of incident situation,
6. Conclusion.

Keywords: ITS; unmanned aerial vehicles; incident situation

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Proces upravljanja incidentnim situacijama u prometu.....	3
2.1. Klasifikacija incidentnih situacija	5
2.2. Faze upravljanja incidentnim situacijama	7
2.2.1. Detekcija incidentne situacije u prometu	8
2.2.2. Verifikacija incidentne situacije u prometu.....	9
2.2.3. Odgovor na incidentnu situaciju	10
2.2.4. Raščišćavnaje i normalizacija.....	11
2.3. Primjena bespilotnih letjelica u fazama upravljanja incidentnim situacijama	13
3. Autonomne bespilotne letjelice	18
3.1. Kategorizacija bespilotnih letjelica.....	21
3.2. Dosezi i autonomija bespilotnih letjelica.....	24
3.3. Problemi uporabe bespilotnih letjelica	26
3.4. Zakonska regulativa uporabe bespilotnih letjelica u RH	27
4. Komunikacijski protokoli i sučelja za upravljanje bespilotnim letjelicama	30
4.1. Bežična komunikacija	31
4.2. Upravljačka jedinica.....	33
5. Primjer početnog rješenja ITS aplikacije za verifikaciju incidentne situacije	38
5.1. Mogućnost integriranja bespilotne letjelice u eCall sustav.....	39
5.2. Testni scenarij.....	41
6. Zaključak.....	45
Literatura	46
Popis kratica	48
Popis tablica	49
Popis slika	50

1. Uvod

Današnji svijet nosi sa sobom promet kao jedan od problema. Njegov brz i nagli porast stvorio je poteškoće u samom odvijanju prometa te time i povećao rizik za mogući incident. Porast broja vozila na prometnicama znači porast broja prometnih nesreća.

Godišnje smrtno strada oko 1.3 milijuna ljudi u prometnim nesrećama što iznosi 2.2% svih smrtno stradalih i stavlja prometne nesreće na deveto mjesto vodećih uzroka smrti. Nažalost, prometne nesreće su vodeći uzrok smrti za mlade ljude između 15 i 29 godina. Ako još dodamo na to 20-50 milijuna ozlijeđenih godišnje, brojke postaju zabrinjavajuće. Ukoliko se ništa ne poduzme, predviđanja su da će prometne nesreće zauzeti 5. mjesto vodećih uzroka smrti do 2030. godine.¹

Uz pomoć ITS-a možemo uvesti nove inovativne metode za poboljšanje prometa i njegove sigurnosti. Jedna od takvih metoda je korištenje bespilotnih letjelica za nadzor prometa. Njihov razvoj je omogućen zahvaljujući napretku tehnologije te im zbog sve većeg korištanja cijena sve niža i pristupačnija za civilnu uporabu. Nadziranje bespilotnim letjelicama ima mogućnost pružiti kraće vrijeme detekcije i vrijeme reagiranja na incidentnu situaciju i time možda spasiti živote. U ovom završnom radu biti će najviše govora o već postojećim ITS rješenjima i njihovim primjenama u vozilu ili izvan njega te o bitnom području ITS-a „Upravljanje incidentnim situacijama“. Naslov završnog rada je: Primjena bespilotnih letjelica u verifikaciji incidentnih situacija u prometu. Rad je podijeljen u šest cjelina:

1. Uvod
2. Proces upravljanja incidentnim situacijama u prometu
3. Autonomne bespilotne letjelice
4. Komunikacijski protokoli i sučelja za upravljanje bespilotnim letjelicama
5. Primjer početnog rješenja ITS aplikacije za verifikaciju incidentne situacije
6. Zaključak

U drugom poglavlju je opisan proces upravljanja incidentnim situacijama kao i klasifikacija incidentnih situacija, te faze od kojih se taj proces sastoji.

¹ <http://asirt.org/Initiatives/Informing-Road-Users/Road-Safety-Facts/Road-Crash-Statistics>

U trećem poglavlju prikazana je klasifikacija autonomnih bespilotnih letjelica, njihova povijest od 1910-ih do danas kao i njihovi dosezi.

Četvrto poglavlje obuhvaća komunikacijske protokole i korisnička sučelja za upravljanje bespilotnim letjelicama kao i njihove mogućnosti koje pružaju korisniku.

U petom poglavlju će se prikazati primjer korištenja bespilotnih letjelica kao jedan od mogućih načina verifikacije incidentne situacije.

2. Proces upravljanja incidentnim situacijama u prometu

ITS se može definirati kao holistička, upravljačka i informacijsko-komunikacijska (kibernetička) nadgradnja klasičnog sustava prometa i transporta kojim se postiže znatno poboljšanje performansi, odvijanje prometa, učinkovitiji transport putnika i roba, poboljšanje sigurnosti u prometu, udobnost i zaštita putnika, manja onečišćenja okoliša, itd.

Razlozi uvođenja ITS-a su veća sigurnost u prometu, smanjenje broja stradalih u prometnim nezgodama i brži odziv žurnih službi. Sigurnosne koristi inteligentnih vozila i aktivnih sustava zaštite se mogu mjeriti preko različitih usporednih testova. Praćenjem izmjerenih brojeva i težina posljedica nezgoda prije i nakon uvođenja ITS-a omogućena je objektivna kvantifikacija sigurnosnih koristi.²

Pozornost treba usmjeriti na prevenciju pogrešnog ponašanja koji često izazivaju teške posljedice. Primjeri pogrešnog ponašanja u prometu su:

- Prevelike brzine vožnje
- Nedovoljan razmak slijeđenja vozila
- Oduzimanje prednosti prolaza
- Nepoštovanje prometne signalizacije

ITS tehnologije možemo podijeliti na četiri kategorije s obzirom na njihovo područje djelovanja a to su ITS tehnologije koje smanjuju rizik od nesreće, ITS tehnologije koje smanjuju posljedice nesreće, ITS tehnologije koje utječu na izloženost riziku, ITS tehnologije za korisnike visokog rizika i ranjive korisnike.

Upravljanje incidentnim situacijama u prometu je proces koordiniranja brojnih agencija i tvrtki iz privatnog sektora kako bi se što prije detektiralo, odgovorilo i rasčistilo incidentnu situaciju i time smanjio njen utjecaj na sigurnost i zagušenje, dok se zaštićuje sigurnost onih na mjestu događaja i ostalih sudionika u prometu. Kada se nesreća dogodi, zagušenje se brzo razvija i povećavaju se šanse za sekundarni incident. Što prije se incident detektira, prije sigurnosni osoblje može odgovoriti na incident i rasčistiti ga s ceste te time omogućiti ponovno otvaranje prometnih traka i vraćanje prometa u normalno stanje.

² Bošnjak, I.: Inteligentni transportni sustavi – ITS I, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.

Budući da ne postoji međunarodna jedinstvena definicija incidentne situacije bit će navedene njih nekoliko ovisno o različitim izvorima:

- Incident je nesreća koja obuhvaća područje vezano uz tehničko tehnološki proces, a svojim posljedicama ostaje unutar okvira tehničko tehnološkog postrojenja u kojem je nesreća nastala.
- Incident je događaj koji uzrokuje smanjenje kapaciteta prometnice ili neuobičajeno povećanje potražnje. (Ovom definicijom uključeni su sljedeći događaji: sudari, nepokretna vozila, rasut teret po prometnici, radovi na prometnici, te specijalni događaji koji ne zahtijevaju odziv operativnih snaga kao npr. razna okupljanja većeg broja ljudi – koncerti, utakmice, itd.)
- Incidentje svaki neplanirani, slučajni prometni događaj koji loše utječe na prometne uvjete. (Ovom definicijom isključena je mogućnost da npr. radovi na prometnici koji su unaprijed zakazani budu klasificirani kao incident).
- U Republici Hrvatskoj Zakonom o sigurnosti prometa na cestama prometna nesreća definirana je kao događaj na cesti 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.

Pet mjerljivih zadataka upravljanja incidentima su:

- Smanjenje vremena detekcije i verifikacije za incident
- Smanjenje vremena reagiranja
- Provoditi pravilno i sigurno upravljanje osobljem i opremom na lokaciji, držeći što je više moguće otvorenih prometnih traka za promet
- Smanjivati vrijeme rasčišćavanja
- Pružati pravovremene, točne informacije javnosti.³

³ <https://www.dot.ny.gov/tim?nd=nysdot>



Slika 1. Upravljanje incidentnom situacijom, [13]

Na slici iznad možemo vidjeti jedan primjer upravljanja incidentnom situacijom u prometu.

2.1. Klasifikacija incidentnih situacija

Kao i kod definiranja prometnog incidenta i kod klasifikacije incidentnih situacija ne postoji jedinstvena odredba po kojoj bi se provela klasifikacija. U nekim zemljama incidenti klasificiraju po kriteriju njihovog utjecaja na prometni tok (kašnjenje, zagušenja, itd.), dok neke zemlje klasificiraju incidente po kriteriju troškova koji su direktna posljedica nastalog incidenta (materijalna šteta, trošak upotrebe sredstava za otklanjanja posljedica, itd.). Općenito, incidentne situacije se dijele na:

- primarne
- sekundarne

Sekundarne incidentne situacije direktna su posljedica primarnih incidentnih situacija, 20 % svih incidenata su sekundarne prirode. Čest je slučaj da su posljedice primarnog incidenta minimalne, dok sekundarni incident (npr. nalet vozila na zaustavljano vozilo u primarnom incidentu) uzrokuje znatno ozbiljnije posljedice.

Jedan od važnijih ciljeva programa upravljanja incidentnim situacijama jest prevencija sekundarnih incidenata. Glavno sredstvo prevencije sekundarnih incidenata jest pravovremena informacija o primarnom incidentu koja se prenosi nadolazećim vozačima.

Kako bi se smanjio broj stradalih vrlo je bitno vrijeme potrebno žurnim službama da stignu na mjesto incidenta. Upotrebom bespilotnih letjelica možemo smanjiti to vrijeme čime smanjujemo posljedice incidenta i mogućnost nastanka sekundarnog incidenta.

U proces upravljanja incidentnim situacijama najčešće su uključeni slijedeći stakeholderi:

- PolICIJA
- Vatrogasna služba
- Hitna služba
- Dispečerska služba
- Transportna služba
- Služba za rukovanje opasnim tvarima
- Vučna služba
- Davatelji usluga informiranja putnika

Žurne službe kao što je policija, vatrogasna služba, hitna služba i dispečerska služba u vlasništvu države, dok ostali stakeholderi mogu biti u privatnom vlasništvu. To je od velikog značaja upravo kod donošenja programa upravljanja incidentima koji mora biti dio nacionalne ITS arhitekture, jer se uvijek postavlja pitanje financiranja određenih programa. Osim podjele po vlasništvu, stakeholderi se dijele i prema trenutku dolaska na mjesto incidenta i to na:

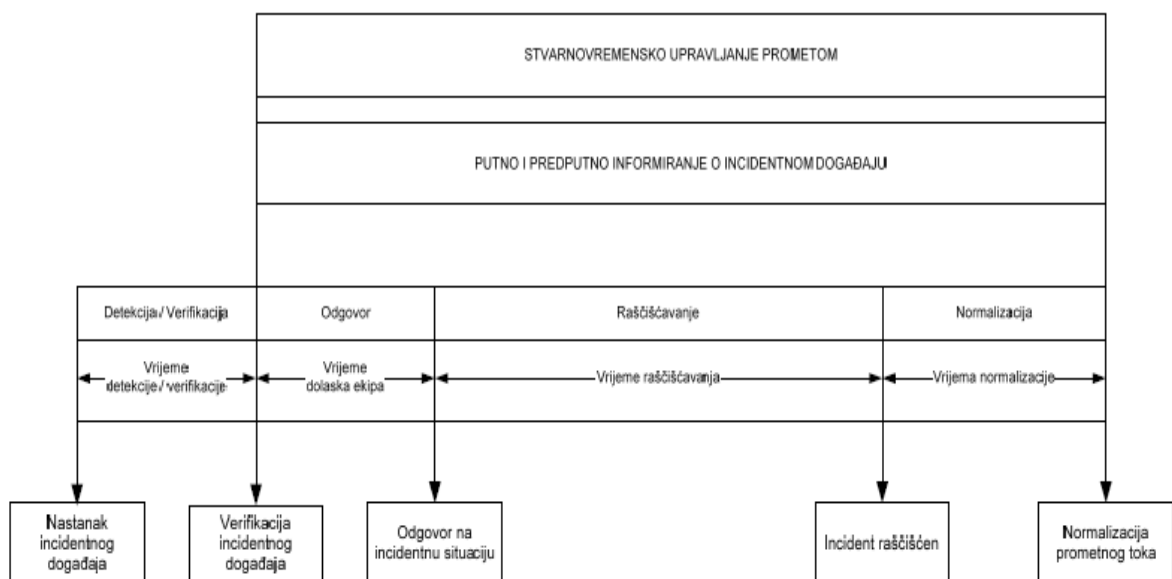
- first responders (dolaze prvi na mjesto incidenta)
- secondary responders (dolaze na mjesto incidenta ako su pozvani od strane first responders-a)

2.2. Faze upravljanja incidentnim situacijama

Bespilotne letjelice svoju primjenu mogu imati u svim fazama upravljanja incidentnim situacijama zbog širokog spektra svojih mogućnosti. Od samog pružanja puno boljeg pregleda iz zraka pa sve do korištenja algoritama u svrhu prepoznavanja i reagiranja na incidentne situacije.

Radi što lakšeg upravljanja incidentnim situacijama u prometu, sam proces se rastavlja na pet osnovnih faza svakog incidenta:

- Detekciju incidentne situacija
- Verifikaciju incidentne situacija
- Odgovor na incidentnu situaciju
- Raščišćavanje incidentne situacije
- Normalizacija prometnog toka



Slika 2. Faze upravljanja incidentnim situacijama u prometu, [14]

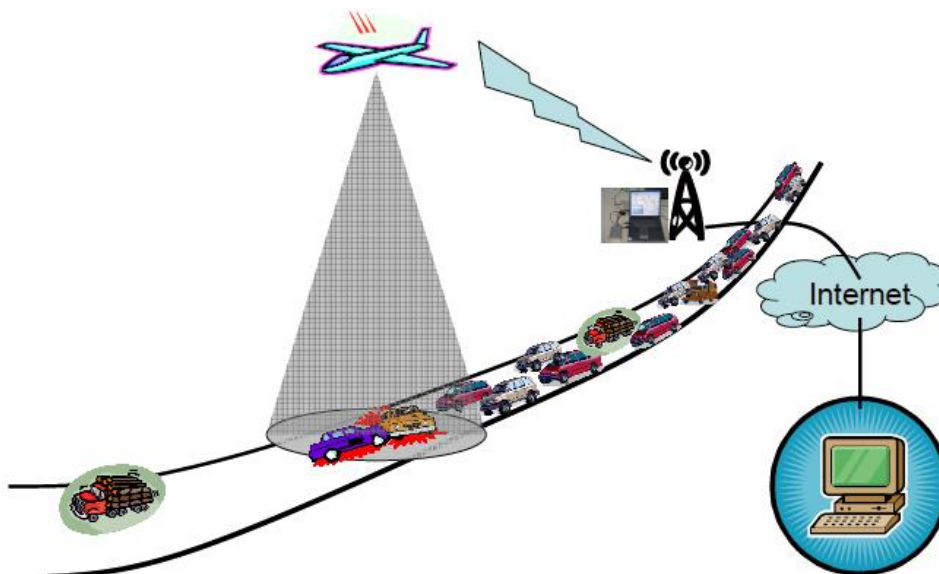
Slika 2 prikazuje slijed faza upravljanja incidentnom situacijom od trenutka kada se desila incidentna situacija pa sve do trenutka kad se prometni tok vratio u normalno stanje. U svaku od tih faza mogu se i integrirati bespilotne letjelice kao što će biti prikazano u nastavku ovog završnog rada.

2.2.1. Detekcija incidentne situacije u prometu

Detekcija incidentne situacije može se definirati kao proces identifikacije prostorno-vremenskih koordinata incidentnog događaja, odnosno konstataciju nastanka incidentnog događaja. Bepilotne letjelice bi omogućile bržu detekciju i odmah stvarnovremenski pregled situacije putem slike. Detekcija incidentnih situacija jedan je od važnijih segmenata na području upravljanja prometom. Incidentnu situaciju potrebno je u što kraćem, odnosno realnom vremenu detektirati te poduzeti odgovarajuće upravljačke mjere kako bi se spriječile sekundarno izazvane neželjene posljedice kao što su nezgode, zagušenja, dodatna čekanja, troškovi, onečišćenja i slično.

Najčešći načini detekcije incidenata

- Pozivom korisnika s mobilnog/fiksnog uređaja
- Videonadzor
- Radarski, infracrveni te ultrazvučni detektori
- Detektorske induktivne petlje koje magnetski detektiraju vozila
- Pozivom sa SOS telefona uz prometnicu
- Policijskom ili cestovnom patrolom
- ePoziv
- Lokacijske usluge u mobilnoj telefoniji
- vozila za specijalne namjene i mjerenja



Slika 3. Skica detekcija incidentne situacije, [15]

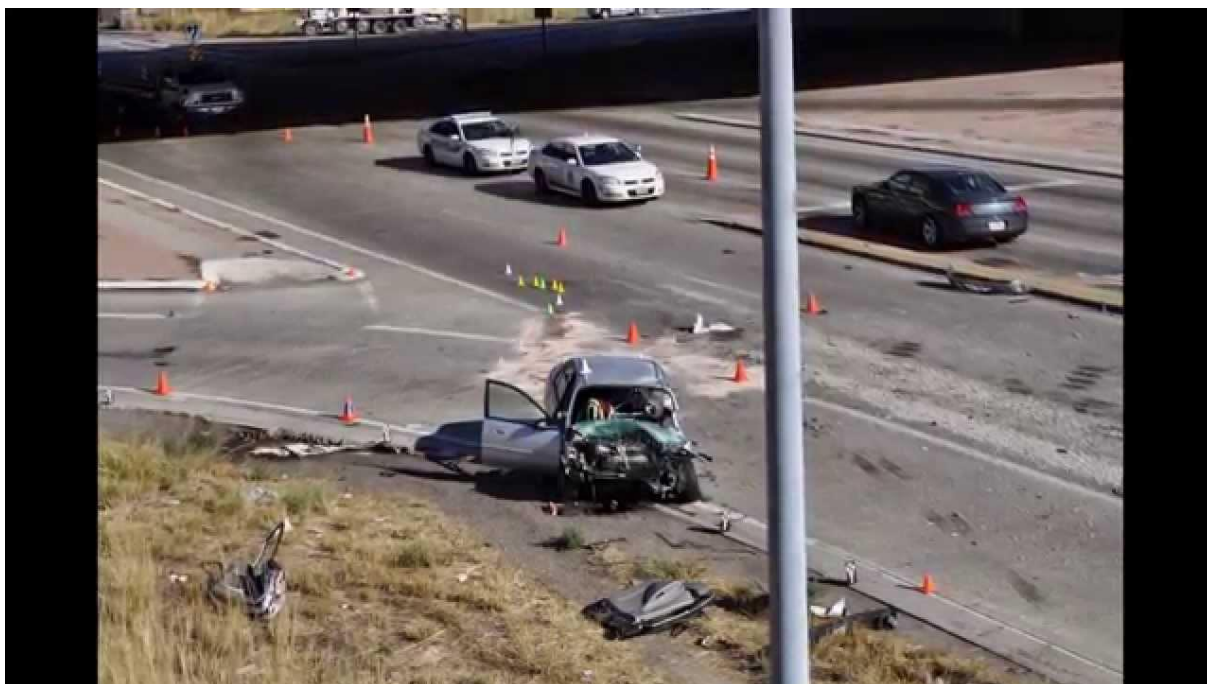
Kombiniranje ITS-a sa bespilotnim letjelicama omogućilo bi njihovu primjenu u jednom novom mogućem načinu detekcije. Bespilotna bi letjelica mogla nadzirati određeno područje iz zraka i uz pomoć kamere, te algoritama koji bi se primjenjivali na dobivenoj slici, detektirati nastalu incidentnu situaciju te obavijestiti zadužene službe o tome.

2.2.2. Verifikacija incidentne situacije u prometu

Verifikacija incidentne situacije predstavlja potvrdu da je doista došlo do incidentne situacije te utvrđuju njenu vrstu i lokaciju.

U nekim gradovima postoji infrastruktura koju je moguće uz određene nadgradnje integrirati u svrhu automatske dojave incidentne situacije. To su sustavi induktivnih petlji, sustavi video nadzora i sl. koji se uz određene tehničke nadgradnje mogu integrirati u jedinstveni i funkcionalni sustav.

Ovakva infrastruktura može poslužiti za detektiranje promjena i zagušenja u prometnom toku tijekom incidentne situacije.



Slika 4. Prikaz incidentne situacije preko bespilotne letjelice, [16]

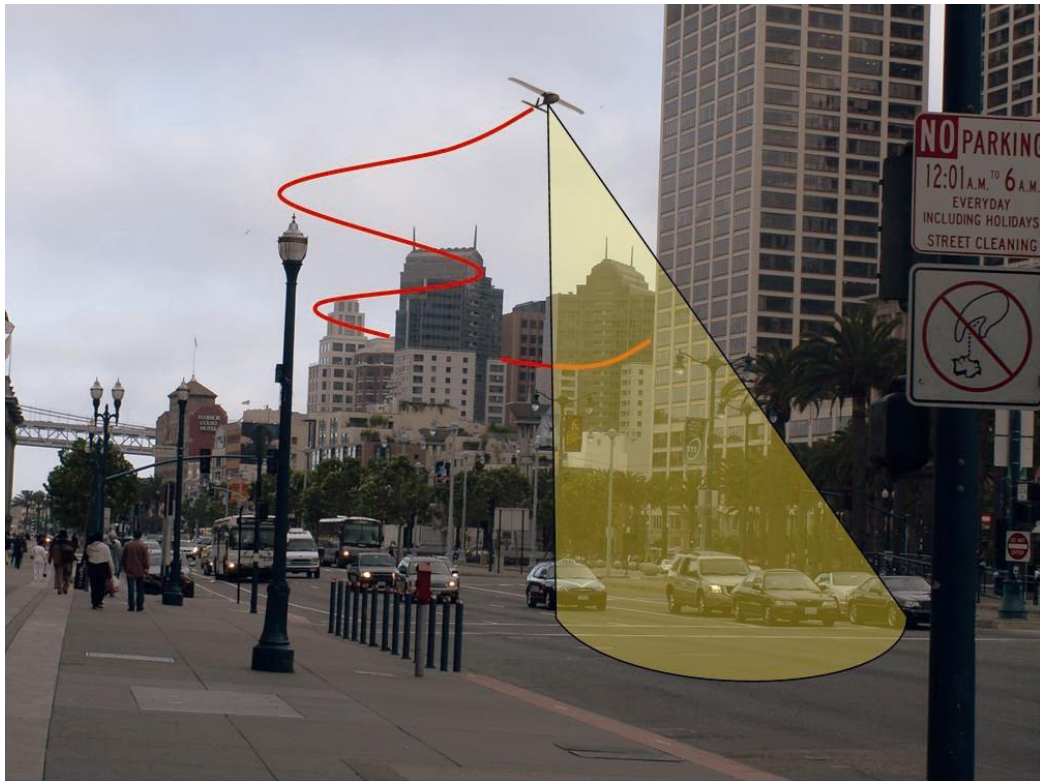
Korištenjem bespilotne letjelice osim detekcije automatski bi se mogla i verificirati incidentna situacija preko dobivenih slika. Algoritmi omogućuju prepoznavanje vozila preko kamere koja miruju na poremetnici i upozoravaju službu.

2.2.3. Odgovor na incidentnu situaciju

Odgovor na incidentnu situaciju obuhvaća aktiviranje, koordinaciju i upravljanje osobljem i odgovarajućim tehničkim sredstvima u svrhu što bržeg i sigurnijeg raščišćavanja incidentne situacije.

Policija, odnosno različite službe održavanja i ophodnje imaju ovlaštenja verifikacije incidentnih situacija, angažiranja drugih službi te prema potrebi traženja dodatne pomoći.

Naprednija i kvalitetnija rješenja imaju gradovi sa većim uplivom integriranih ITS aplikacija koja su putem Centara za upravljanje prometom i naprednih alata te ekspertnih sustava mogu preuzeti upravljanje incidentnim situacijama.



Slika 5. Prolazak bespilotne letjelice rutom žurne službe, [17]

Same bespilotne letjelice mogle bi spasiti živote u ovoj fazi upravljanja incidentnim situacijama skraćivanjem vremena potrebnog žurnim službama da stignu na mjesto događaja. Njena mogućnost detektiranja zagušenja u prometu omogućila bi puno bolji pregled prometnog toga na području incidentne situacije i time pomogla u određivanju najbrže rute do željene lokacije. Osim toga mogle bi ulaziti u raskrižja prije žurnih službi i pomoću npr. svjetlosnih efekata upozoravati ostale sudionike na uskori prolazak žurne službe i time omogućiti žurnim službama brži prolazak kroz raskrižja.

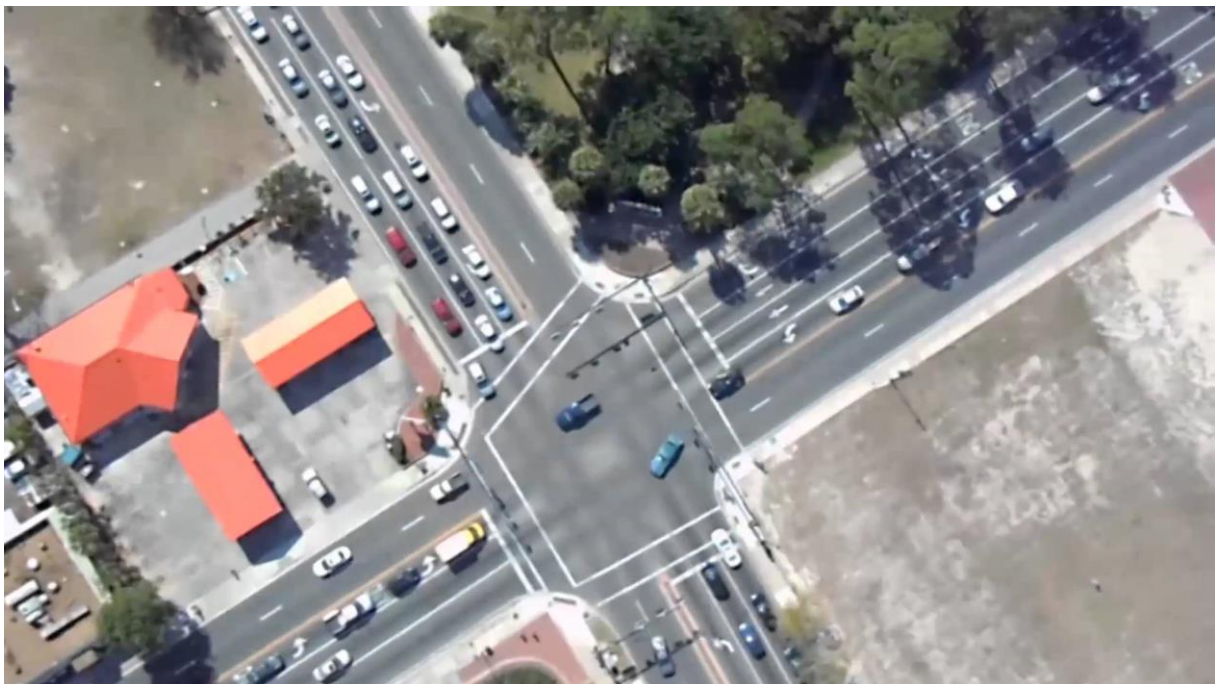
2.2.4. Raščišćavnaje i normalizacija

Raščišćavanje incidentne situacije uključuje sigurno i pravovremeno uklanjanje incidenta i uvjeta koji ga sačinjavaju. Integriranjem bespilotnih letjelica u ovu fazu omogućio bi se puno bolje pregled mjesta incidenta.

Inteligentni transportni sustavi uključuju primjenu i razvoj podsustava, tj. alata kao što su digitalna kartografija, informacije o trenutnom stanju prometne mreže, dispečerske informacije, procjenu trajanja incidentne situacije i procjenu trajanja zastoja, te generiranje stvarnovremenskog postupnika, plan odnosno preporuke za preusmjeravanja i upravljanje prometom, mogućnost potpore za međuorganizacijsku komunikaciju što generalno gledano bitno utječe na povećanje učinkovitosti sustava za upravljanje incidentnim situacijama.

Normalizacija stanja obuhvaća period od trenutka kad je incident uklonjen do trenutka potpune normalizacije prometnog toka. Prestankom incidentne situacije smatra se trenutak kada je prometni tok potpuno normaliziran što ujedno predstavlja i glavni cilj u fazi normalizacije.

Također, u ovoj fazi još uvijek je potrebno djelomično ili u potpunosti sprječavati dolazak novih prometnih entiteta putem promjenjivih prometnih znakova, putnog i predputnog informiranja i sl.



Slika 6. Pogled sa bespilotne letjelice, [18]

Sama slika bespilotne letjelice iz zraka omogućuje puno bolji pregled situacije na zemlji. Lako bi omogućila određivanja područja zagušenja i samim time omogućila prerutiranje ostalih vozila kako ne bi stvarala još veće zagušenje na prometnicam.

Spriječavanje većih zagušenja smanjuje vrijeme potrebno kako bi se prometni tok normalizirao.

2.3. Primjena bespilotnih letjelica u fazama upravljanja incidentnim situacijama

U Republici Hrvatskoj, prema analizi podataka dobivenih brojanjem prometa, postoji dugoročna tendencija porasta cestovnog prometa. Cestovni promet ima sve veće značenje, kako u prijevozu putnika tako i u prijevozu tereta.

Porastom prometa na hrvatskim cestama rastu i zagušenja, što rezultira povećanjem broja incidentnih situacija, povećanjem onečišćenja, povećanjem štetnih emisija i potrošnje goriva, povećanjem troškova putovanja, itd. Postojeća cestovna mreža, posebice ona u pravcu Jadrana, ne može u potpunosti zadovoljiti prometnu potražnju u ljetnim mjesecima kada broj vozila dva do tri puta prelazi godišnji prosjek. Zbog toga se znatna sredstva ulažu u razvoj cestovne infrastrukture i intenzivira se rad na implementiranju ITS. Bespilotne letjelice bi u kombinaciji s ITS-om bile kvalitetno rješenje.

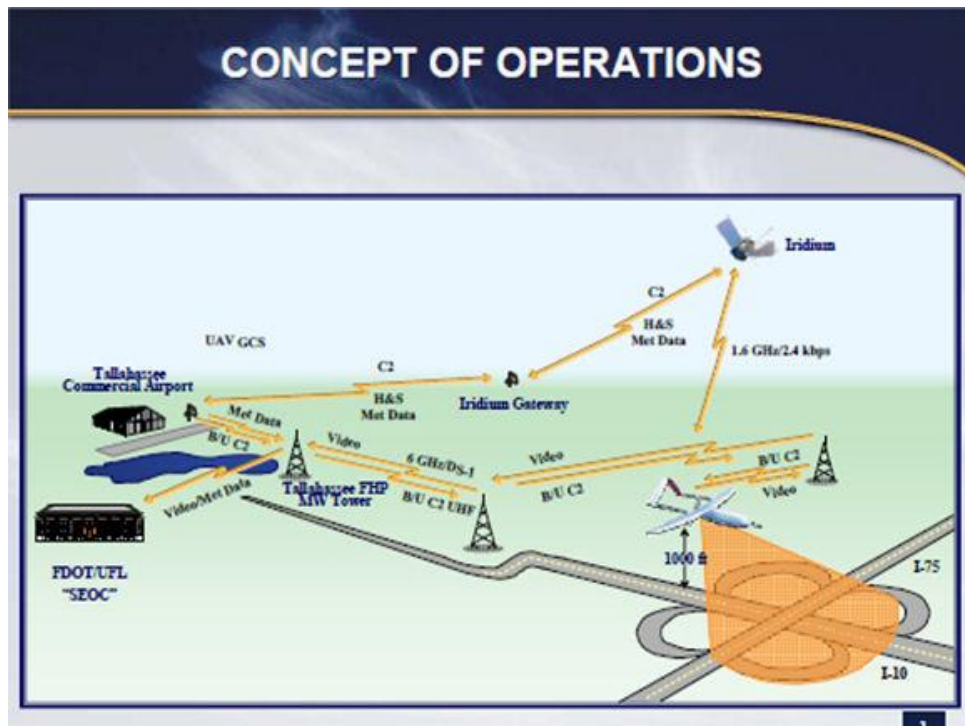
Da bi se stanje u cestovnom prometu dovelo na zadovoljavajuću razinu neizostavno je saznanje o razvoju situacije na cestovnim mrežama u realnom vremenu. Jedinstvene i kvalitetne podatke o razvoju situacije gotovo je nemoguće dobiti sa zemlje, odnosno uz pomoć konvencionalnih metoda, stoga je neophodno kontinuirano nadziranje iz zraka.

Korištenjem bespilotnih letjelica za nadzor i upravljanje prometom u svakom trenutku ostvarila bi se znatna poboljšanja u pružanju preciznih i stvarnovremenskih podataka o stanju u prometu. Tako bi se omogućila bolja kontrola i upravljanje prometom te brži i odgovarajući odaziv na incidentne situacije.

Tako bi se u Republici Hrvatskoj u sklopu centara za održavanje i kontrolu prometa bespilotne letjelice mogle primjenjivati za:

- nadgledanje stanja na cestama
- pružanje putnih i predputnih informacija

- nadzor kršenja prometne regulative
- prikupljanje podataka koji se odnose na upotrebu i zloupotrebu cestovnih mreža
- nadzor brzine kretanja
- detekcija vožnje u krivom smjeru
- detekciju područja zagušenja
- pružanje podrške interventnim službama
- nadzor vremenskih uvjeta i okoliša



Slika 7. Koncept nadgledanja i detekcije, [19]

Nadzor uz pomoć bespilotnih letjelica prvenstveno je potrebno provoditi na autocestama. Razlog tomu leži u zahtjevima za postizanjem najviše razine sigurnosti prometovanja, kao i sve većim potrebama korisnika za što većom razinom usluge (vožnja bez zagušenja i stresa, sa boljim i većim brojem informacija, itd.)

Kako se mreža autocesta u zemlji povećava, tako raste i broj prometnih nesreća. Zbog velikih brzina koje se na njima razvijaju najčešće su nesreće s kobnim

posljedicama. Organizirani sustav nadzora i upravljanja prometom iz zraka smanjio bi značajan broj tih nesreća, kao i posljedice nesreća koje se ipak dogode.

Najčešće okolnosti koje prethode prometnim nesrećama na autocestama su prekoračenje brzine, nepoštivanje razmaka i umor. Iako mnogi proizvođači (luksuznih) automobila u vozila ugrađuju ITS koji detektiraju prekoračenje brzine, nedovoljan razmak, umor i ostale opasnosti te upozoravaju vozača ili sami poduzimaju potrebne mjere, proći će još mnogo vremena dok ti sustavi budu dio obvezne opreme i dok ih sva vozila na prometnicama budu imala, stoga je potrebno pristupiti drugim metodama detekcije potencijalnih opasnosti.



Slika 8. Video i upravljačko sučelje bespilotne letjelice, [11]

Bespilotna letjelica opremljena adekvatnim pretvornicima i opremom mogla bi značajno pridonijeti detekciji potencijalnih opasnosti. Tako bi automatski mogla mjeriti brzinu kretanja vozila (uz pomoć postojećih bijelih linija na kolniku ili

postavljanjem uzdužnih bijelih linija na zaustavnoj traci mogla bi mjeriti vrijeme prolaza vozila između njih te tako izračunati brzinu kretanja vozila).

Sigurnosni razmak bespilotna letjelica bi mogla mjeriti na isti način kao i brzinu kretanja te u slučaju kada je sigurnosni razmak (ovisno o brzini kretanja i stanju kolnika – mokar, suh, prekriven snijegom ili ledom) između vozila nedovoljan obavijestiti operatora.

Umor se obično manifestira kroz učestale promjene brzine kretanja, „cik-cak“ vožnje, prelaženje u drugu potrebnu traku bez potrebe za pretjecanjem, naglim i iznenadnim izvođenjem određenih radnji i sl. Takvo ponašanje također je moguće registrirati bespilotnom letjelicom, bilo da operator sam uoči takvo ponašanje ili ga bespilotna letjelica detektira uz pomoć algoritma koji bilježi promjene u načinu vožnje (broji „gaženja“ središnje i rubne linije, mjeri oscilacije u brzini kretanja i sl., te registrira navedene promjene kada pređu kritičnu razinu).

Osim ovih najčešćih okolnosti koje prethode prometnim nesrećama i druge okolnosti kao što su vožnja u krivom smjeru, alkohol, rasuti tereti, itd. mogle bi se s lakoćom detektirati pomoću bespilotnih letjelica. Operator bi nakon primljene obavijesti, odnosno detekcije, poduzimao potrebne mjere radi njihovog uklanjanja (upozorio bi vozača točno određenog vozila putem promjenjive prometne signalizacije, obavijestio mobilnu jedinicu prometne policije i sl.)

Europski standard za dolazak na mjesto intervencije je 12 minuta, što u hrvatskoj često nije moguće. Rezultati sadašnje organizacije interventnih službi pokazuju neadekvatna vremena stizanja na mjesto incidentne situacije, zakašnjelo pružanje prve pomoći s posljedicama čestog gubitka života i trajne invalidnosti. Iskustva su pokazala da operativne službe trebaju 10 do 20 minuta da bi učinkovito odgovorile⁴. U ruralnim područjima manja gustoća postrojenja interventnih službi još više povećava važnost brzog i preciznog odaziva. Putovanje vozila interventne službe do mjesta incidentne situacije znatno je veće nego u urbanim sredinama, a što je duže vozilo na putu to je manje vremena dostupno za druge intervencije. Stoga je potrebno organizirati što brži i precizniji odaziv te osigurati kvalitetne i pravovremene informacije o stanju na cestovnoj mreži.

⁴ A. Vidović: Organizacija hitne medicinske pomoći uporabom helikoptera, Zagreb, 2009.



Slika 9. Slika dobivena preko bespilotne letjelice, [20]

Kao što se može vidjeti na slici 4., kvalitetne i pravovremene informacije bespilotna letjelica može s lakoćom prikupiti. U upravljanju incidentnim situacijama bespilotna letjelica može sudjelovati u procesima detekcije, verifikacije, prikupljanja informacija s terena, vođenja i praćenja interventnih službi.

U urbanim sredinama bespilotna letjelica bi letjela jedno raskrižje ispred interventne službe pružajući pregled situacije na raskrižjima, osiguravajući da je promet stao kao reakcija na zvučni znak službe. Na taj se način smanjuje ili uklanja potreba za usporavanjem pri ulasku u raskrižje na crveno svjetlo. Pogled odozgo također omogućuje bolji i brži očevid i rekonstrukciju nesreće, a ujedno se postiže brže uspostavljanje normalnog prometa nakon nesreće.

3. Autonomne bespilotne letjelice

Kroz povijesni razvoj bespilotnih letjelica razvoj tehnologije je utjecao na promjenu uloge samih bespilotnih letjelica. Bespilotne letjelice prvo su razmatrane kao moguća napadačka i obrambena oružja. Kasnije dobivaju ulogu potajnog nadzora (u izviđačkim misijama i špijuniranjima). U najnovije vrijeme imaju ulogu promatranja i nadziranja okoliša, odnosno klimatskih promjena. Mogućnosti tehnologije koja se stalno razvija odredile su tempo razvoja bespilotnih letjelica, a to su prvenstveno:

- žiroskopski sustavi i njihovo povećanje točnosti
- sustavi podataka za zrak i njihovo povećanje točnosti
- radijski zapovjedni sustavi s povećanjem dosegom i zaštitom
- radijski i radarski sustavi za praćenje
- razvoj slikovne obrade u nekoliko valnih duljina i fuziji
- izvršenje prekida radijske veze
- radijski, laserski i akustični barometri
- GPS sustavi
- računala velike brzine i komunikacije fokusirane na mrežni rad
- “osjeti i izbjegni” tehnologija

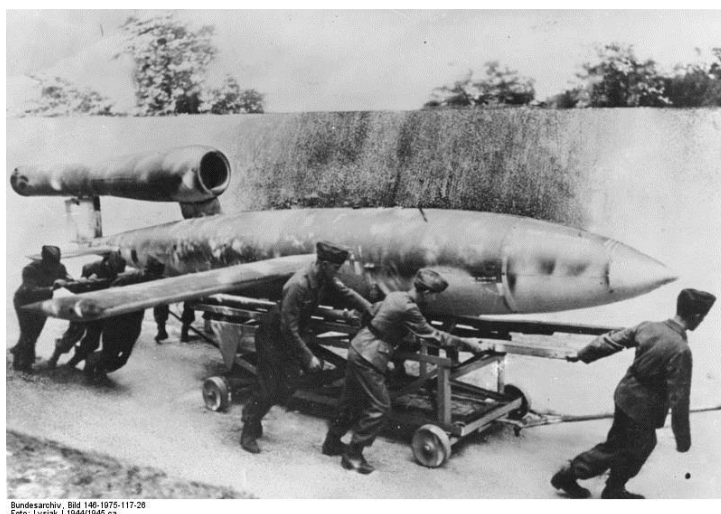
Bespilotne letjelice zaživjele su mnogo prije nego što je poletio zrakoplov braće Wright. Dokumenti dokazuju da je prva bespilotna letjelica napravljena 425. godine pr. Kr. To je bio mehanički golub, koji je mahaio krilima, a energiju je dobivao preko mehanizma smještenog u predjelu trbuha. Imao je maksimalni dolet 200 m.



Slika 10. „Leteći golub“, [22]

Što se tiče nadzora i promatranja iz zraka, baloni su vjerojatno najstariji oblik platforme koji se koristio u te svrhe. Još 1858. su snimljene prve fotografije Pariza iz zraka pomoću balona na vrući zrak. Kasnije, i to zahvaljujući pojednostavljenju kamera, su korištena i druga sredstva kao što su papirni zmajevi ili rakete za snimanje zračnih fotografija. Možda jedan od najzuidljivijih ranih eksperimenata je bilo korištenje malih kamera montiranih na golubova prsa.

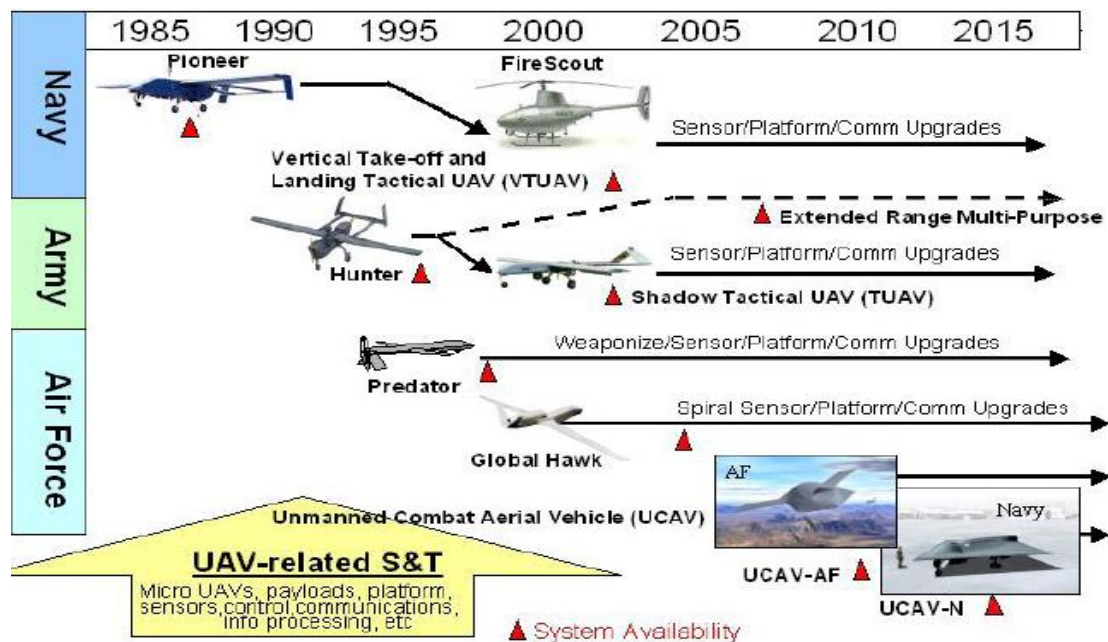
Razvoj bespilotnih letjelica počinje za vrijeme I. Svjetskog rata od strane SAD-a (Sjedinjene Američke Države) . Za vrijeme II. Svjetskog rata, Njemačka ulazi u trku s SAD-om osmisivši navodeći krstareći projektil V-1.



Slika 11. V-1, [23]

Rastući entuzijazam za bespilotne letjelice u civilnom sektoru nije neutemeljen zbog njihovih prednosti: u slučaju gubitka letjelice život pilota nije ugrožen i imaju mogućnost prilagodbe potrebama korisnika. Zajedno s napretkom u računalnoj tehnologiji, komunikaciji, razvojem softvera i kompozitnih materijala potražnja za njima raste. Vojne bespilotne letjelice trenutno su naprednije zbog velikog financijskog ulaganja u njihov razvoj.

Evolucija čipova i radio kontroliranih sustava u kasnom dvadesetom stoljeću je bila ključ pojave modernih bespilotnih letjelica. Dolazi do značajnijih ulaganja i novih inovativnih rješenja. Slika 8. pokazuje kronološki razvoj najpoznatijih bespilotnih letjelica u SAD-u.



Slika 12. Kronološki prikaz razvoja bespilotnih letjelica, [24]

Od 1970-ih uvelike se unaprjeđuju UAV sustavi. Najviše u vidu trajanja leta i pogona letjelica. Od 1990-ih do danas iskristalizirala se uloga promatrača okoliša na Zemlji u vidu predstavnika Firebird 2001 (Izrael), RQ-1 Predator (SAD), Helios (SAD), za sada u razvoju, ugradit će fuel cell sustav (sustav ćelija za gorivo) za pohranu energije da bi osigurao snagu za letenje preko noći, što će mu omogućiti neprekinuti let od 15 250 do 21 300 m. U sljedećih 10 godina očekuje se da će zrakoplov Helios biti široko rasprostranjen kao širokopojasna komunikacijska platforma pružajući jedinstveno isplativo upotpunjavanje satelitskih i zemaljskih komunikacijskih sustava.

3.1. Kategorizacija bespilotnih letjelica

Bespilotne letjelice počele su se razvijati u dvadesetom stoljeću. Vojska ih je razvijala uvidjevši da je manje vremena potrebno za kreiranje letjelice nego za obuku pilota. Obuka borbenog pilota traje nekoliko godina i ima visoke troškove. Prateći razvoj bespilotnih letjelica dolazimo do zaključka da je najveći napredak ostvaren netom prije ili za vrijeme ratnih sukoba upravo iz tih razloga. Moramo uzeti u obzir da su troškovi izrade zrakoplova nekoliko desetaka puta veći nego kod izrade bespilotnih letjelica. Zahvaljujući prvenstveno vojsci i njihovom doprinosu u razvoju bespilotnih letjelica, imamo postavljene temelje za civilnu primjenu. Nekoliko tvrtki razvija prototipove i gotove proizvode koji se koriste u civilne svrhe. Najbitnije je letjelicu pozicionirati u prostoru bilo da se radi o navigaciji letjelice ili o podacima koji će se kasnije koristiti u obradi podataka. Također je vrlo bitno na koji se način upravlja letjelicom. Kod manjih letjelica koje služe za civilne svrhe dovoljno je imati prijenosno računalo opremljeno odgovarajućim softverom i radijskom antenom, dok kod velikih letjelica, poglavito vojnih, postoje kompletni kontrolni centri opremljeni sustavima za radijsku i satelitsku komunikaciju.

Osnovna podjela bespilotnih letjelica je prema namjeni:

- vojne,
- civilne,
- komercijalne.

Također postoji podjela i prema konstrukciji bespilotne letjelice:

- s fiksnim krilom,
- s rotacionim krilom,
- lakše od zraka,
- teže od zraka.

Uz osnovnu podjelu i podjelu prema konstrukciji postoji još mnogo drugih podjela prema određenim atributima bespilotne letjelice. Nešto složeniju podjelu dao je UAV-Internationa, koji u skladu s visinom leta, doletom, masom i izdržljivošću svrstava bespilotne letjelice po kategorijama.

Tablica 1. Klasifikacija bespilotnih letjelica prema UVS – International

Kategorija	Dolet (km)	Visina (m)	Istrajnost (h)
Taktičke bespilotne letjelice			
Micro	<10	250	1
Mini	<10	150 do 300	<2
Bliskog doleta	10 do 30	3 000	2 do 4
Kratkog doleta	30 do 70	3 000	3 do 6
Srednjeg doleta	70 do 200	5 000	6 do 10
Srednjeg doleta i istrajnosti	>500	8 000	10 do 18
Nisko leteće - dubokog prodiranja	>250	50 do 9 000	0,5 do 1
Nisko leteće s dugom istrajnosti	>500	3 000	>24
Srednje leteće s dugom istrajnosti	>500	14 000	24 do 48
Strategijske bespilotne letjelice			
Visoko leteće s dugom istrajnosti	2 000	20 000	24 do 48
Bespilotne letjelice specijalne namjene			
Stratosferske	>2 000	20 000 do 30 000	>48
Bespilotne borbene letjelice	1 500	10 000	2
Smrtonosne	300	4 000	3 do 4
Mamci	0 do 500	5 000	<4
Svemirske	u razvoju	u razvoju	u razvoju

Izvor: [12]

Bespilotne letjelice pokrivaju široko područje težina, od mikro bespilotnih letjelica koje nemaju ni kilogram do ogromnih letjelica poput Global Hawk koja je teža od 11 tona. Stoga se bespilotne letjelice prema težini dijele na:

- „super teške“ bespilotne letjelice – letjelice teže od 2 tone (X-45, Darkstar, Predator B i Global Hawk)
- teške bespilotne letjelice – letjelice između 200 i 2.000 kilograma (Outrider, Fire Scout...)
- srednje teške bespilotne letjelice – letjelice između 50 i 200 kilograma (Raven, Phoenix...)
- lagane bespilotne letjelice – letjelice između 5 i 50 kilograma
- micro bespilotne letjelice – letjelice lakše od 5 kilograma

Tablica 2. Klasifikacija bespilotnih letjelica prema težini

KLASIFIKACIJA PREMA TEŽINI		
Kategorija	Područje težine	Primjer
Super teška	>2000 kg	Global Hawk
Teška	200-2000 kg	A-160
Srednje teška	50-200 kg	Raven
Lagana	5-50 kg	RPO Midget
Micro	<5 kg	Dragon Eye

Izvor: [21]

Istrajnost i dolet su međusobno povezani. Zrakoplov sa većom istrajnosti trebao bi imati veći dolet. Stoga se javlja podjela u tri grupe: s dugim, srednjim i kratkim doletom/istrajnosti.

- bespilotne letjelice s velike istrajnosti – letjelice koje su u stanju letjeti 24 sata i više, a dolet im je veći od 1.500 km
- bespilotne letjelice srednje istrajnosti – letjelice koje su u stanju letjeti između 5 i 24 sata
- bespilotne letjelice male istrajnosti – letjelice koje su u stanju letjeti kraće od 5 sati

Tablica 3. Klasifikacija bespilotnih letjelica prema istrajnosti i doletu

ISTRAJNOST I DOLET			
Kategorija	Istrajnost	Dolet	Primjer
Velika	>24 h	>1500 km	Predator B
Srednja	5-24 h	100-400 km	Silver Fox
Mala	<5 h	<100 km	Pointer

Izvor: [21]

Maksimalna operativna visina ili plafon leta još je jedan element prema kojem se dijele bespilotne letjelice. Ovdje također postoje tri jednostavne podjele:

- bespilotne letjelice za niske visine – lete do visine 1.000 m
- bespilotne letjelice za srednje visine – lete na visinama od 1.000 do 10.000 m
- bespilotne letjelice za velike visine – lete na visinama višim od 10.000 m

Tablica 4. Podjela bespilotnih letjelica prema maksimalnoj visini leta

Podjela bespilotnih letjelica prema maksimalnoj visini leta		
Kategorija	Maksimalna visina leta	Primjer
UAV za niske visine	< 1000 m	Pointer
UAV za srednje visine	1000 – 10 000 m	Finder
UAV za velike visine	> 10 000 m	Darkstar

Izvor: [21]

Bespilotne letjelice upotrebljavaju se za razne zadatke i zadaće, te stoga zahtijevaju različite tipove motora kako bi zadaci bili uspješno obavljani. Povećanjem težine letjelice povećava se težina i veličina motora. Lakše, manje bespilotne letjelice najčešće koriste elektro motore, dok veće, borbene letjelice uglavnom koriste klipne i mlazne motore. Pravilno odabran motor povećava istrajnost i dolet. Motori koji se najčešće koriste:

- klipni
- elektro
- turboprop
- turbofan

3.2. Dosezi i autonomija bespilotnih letjelica

Glavni razlog uporabe bespilotne letjelice je potpuno autonomna navigacija koja pruža veliku funkcionalnost u slučajevima kada se prekine radijski kontakt s letjelicom, te ona autonomno izvršava zadanu operaciju. Ključno je odrediti poziciju bespilotne letjelice kako bi se poboljšala navigacija. U prošlosti pozicija bespilotne letjelice određivana je relativno s obzirom na izmjerenu početnu lokaciju antene za prijenos podataka koristeći azimut i udaljenost antene od izmjerene lokacije. Danas je GNSS (globalni navigacijski satelitski sustav), preferirani sustav za geolociranje, najkorišteniji sustav za određivanje položaja bespilotne letjelice. GNSS prijemnici su sada toliko jeftini i malih dimenzija da su postali standard za navigaciju i to ne samo bespilotnih letjelica, nego i zrakoplova.

Međutim, može biti teško odrediti točnu poziciju bespilotne letjelice pogotovo u slučaju kada GNSS trpi određene smetnje. Iz toga se razloga u današnje vrijeme okreće integraciji senzora, odnosno dodavanju dodatnog senzora koji će davati poziciju i u trenutku kada GNSS nije dostupan. Prva integracija je integracija GNSS-a i INS-a (inercijalni navigacijski sustav), sustava koji su kompatibilni, a mane jednoga su prednosti drugoga. INS pruža visoku točnost, ali u malom vremenskom intervalu, dok je točnost GNSS-a manja, ali je konstantna na globalnoj razini.

INS zahtjeva početnu poziciju kako bi na osnovu akceleracije računao poziciju letjelice i za to je idealan GNSS. Nakon pada točnosti INS-a ispod razine GNSS-a opet se uzima pozicija dobivena GNSS-om kao početna za računanje pozicije INS-om i na taj se način dobiva pozicija veće točnosti nego kod samog GNSS-a. U slučajevima kada dođe do ispada GNSS-a tu je INS koji može autonomno davati podatke o poziciji te se letjelica može navigirati. To su slučajevi kada se letjelica nađe u tunelu, kada leti u razini zgrada gdje je prisutan multipath vezan uz GNSS, a gdje je isti neupotrebljiv. INS također daje ispravne podatke o visini letjelice, njezinom nagibu koji može biti u 3 smjera (eng. *pitch*, *roll* i *yaw*). 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.

Ne postoje dovoljno točni podatci o svim ljudskim građevinama, instalacijama te na kraju krajeva, ne može se utjecati na visinu drveća jer je to promjenjivo. U tome slučaju moramo bespilotnoj letjelici nadodati još jedan senzor, odnosno izvršiti drugu integraciju senzora, a to je integracija GNSS-a, INS-a i obične kamere. Sustav se sastoji od običnih kamera koje izvode procese praćenja i detekcije. One se integriraju s navedena dva senzora kako bi letjelica mogla autonomno izbjegavati prepreke na svom putu. Kao što se pilot najviše u takvim situacijama oslanja na svoj vid tako smo dobili letjelicu koja oponaša ljudskog pilota i može sama izvršavati ispravke na svojoj ruti ovisno o vanjskim utjecajima.⁵

⁵ Bespilotne letjelice podržane INS i GNSS sensorima.pdf

3.3. Problemi uporabe bespilotnih letjelica

Pravila koja vrijede za zrakoplove ne mogu se primjenjivati za bespilotne letjelice. Iako su bespilotne letjelice već više od pola stoljeća na tržištu, Europa još uvijek nije regulirala njihovu uporabu u kontroliranom zračnom prostoru.



Slika 13. Princip rada „Osjeti i izbjegni“ sustava, [25]

Nedostaci se mogu podijeliti u dvije kategorije: zakonodavne i tehničko-eksploatacijske. Najvažnije je riješiti problem „sudara“, tj. razviti pouzdani S&A sustav, te provesti i uskladiti pravila kojima se uređuje certifikacija ploidbenosti bespilotnih letjelica, kao i njihova integracija u postojeći i budući zračni promet u kontroliranom zračnom prostoru. Treba se definirati način licenciranja osoblja i pilota koji će upravljati letjelicom, te uvjete dobivanja dozvole.

Kao najveći problem ističe se pitanje sigurnosti. Napadom na New York 2001. godine shvatilo se da je civilno zrakoplovstvo ranjivo i da će trebati uložiti puno truda kako bi se ubuduće takvi događaji spriječili. Pojedinaac ili grupa, mogu sami

konstruirati vlastitu letjelicu ili je kupiti, te ju iskoristiti u protupravne svrhe bez velike vjerojatnosti da ga se otkrije. Otvaranje civilnog zračnog prostora za bespilotne letjelice stvoriti će probleme mnogim službama. Nužno je donijeti propise koji će strogo definirati uvijete dobivanja licence za upravljanje letjelicom te uspostaviti zone leta u zračnom prostoru (dopuštene i nedopuštene). Nedopuštene zone, bila bi područja ispod neke određene visine leta, no kako garantirati da se letjelica neće odjednom početi spuštati i zabit u zgradu, trg, stadion? Kako to spriječiti? Još ne postoji adekvatno rješenje.

Uz ove probleme, javlja se i problem čestog gubitka radioveze koja je ključna za upravljanje i prijenos podataka. Također, ne postoji standardni radiofrekvencijski spektar dodijeljen bespilotnim letjelicama u već ionako pretrpanom globalnom radiofrekvencijskom spektru.

3.4. Zakonska regulativa uporabe bespilotnih letjelica u RH

Zbog regulatornih problema sa korištenjem bespilotnih letjelica u zračnom prostoru, krajem travnja 2015. godine donesen je pravilnik o sustavima bespilotnih zrakoplova u Republici Hrvatskoj. Pravilnik dolazi sa određenim područjem primjene te se primjenjuje na bespilotne letjelice operativne mase do 150 kilograma i uključujući 150 kilograma, bespilotne letjelice koje se koriste na otvorenom prostoru i samo na bespilotne letjelice koje mogu postići kinetičku energiju veću od 79 J.

Prvi dio pravilnika se odnosi na opće odredbe i odma klasificira bespilotne letjelice prema njihovoj operativnoj masi te se dijele na:

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

Slijedeca klasifikacija je klasifikacija područja letenja. U odnosu na izgrađenost, naseljenost i prisutnost ljudi, područja letenja dijele se na klase:

- Klasa I - Područje u kojem nema izdignutih građevina ili objekata i u kojem nema ljudi.
- Klasa II – Područje u kojem postoje pomoćni gospodarski objekti ili građevine koje nisu namijenjene za boravak ljudi i u kojem nema ljudi.
- Klasa III – 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 – Područje uskih urbanih zona (središta gradova, naselja i mjesta).

Letenje bespilotnim zrakoplovnim modelom dozvoljeno je u područjima letenja klase I i II.

Drugi dio pravilnika se odnosi na pravila letenja. U njemu su nabrojani opći uvjeti letenja bespilotnih zrakoplova. Rukovatelj mora osigurati da se let bespilotnog zrakoplova izvodi na način da ne predstavlja opasnost po život, zdravlje ili imovinu ljudi zbog udara ili gubitka kontrole nad sustavom bespilotnog zrakoplova i da ne ugrožava ili ne ometa javni red i mir. Rukovatelj mora:

- osigurati da se let bespilotnog zrakoplova odvija danju,
- prije leta provjeriti i uvjeriti se u ispravnost sustava bespilotnog zrakoplova,
- 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 bespilotnom zrakoplovu odgovarajuće pričvršćen na način da ne dođe do njegovog ispadanja,
- osigurati da bespilotni zrakoplov tijekom uzlijetanja ili slijetanja sigurno nadvisuje sve prepreke,
- tijekom leta osigurati sigurnu udaljenost bespilotnog zrakoplova od ljudi, životinja, objekata, vozila, plovila, drugih zrakoplova, cesta, željezničkih pruga, vodenih putova ili dalekovoda, ne manju od 30 metara,

- osigurati da je minimalna udaljenost bespilotnog zrakoplova od skupine ljudi 150 metara,
- osigurati da se let bespilotnog zrakoplova odvija unutar vidnog polja rukovatelja i na udaljenosti ne većoj od 500 m od rukovatelja,
- osigurati da se let bespilotnog zrakoplova odvija izvan kontroliranog zračnog prostora,
- osigurati da se let bespilotnog zrakoplova 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 zrakoplova definirane naputkom za korištenje aerodroma, i
- osigurati da se tijekom leta iz ili s bespilotnog zrakoplova ne izbacuju predmeti.⁶

⁶ http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_05_49_974.html

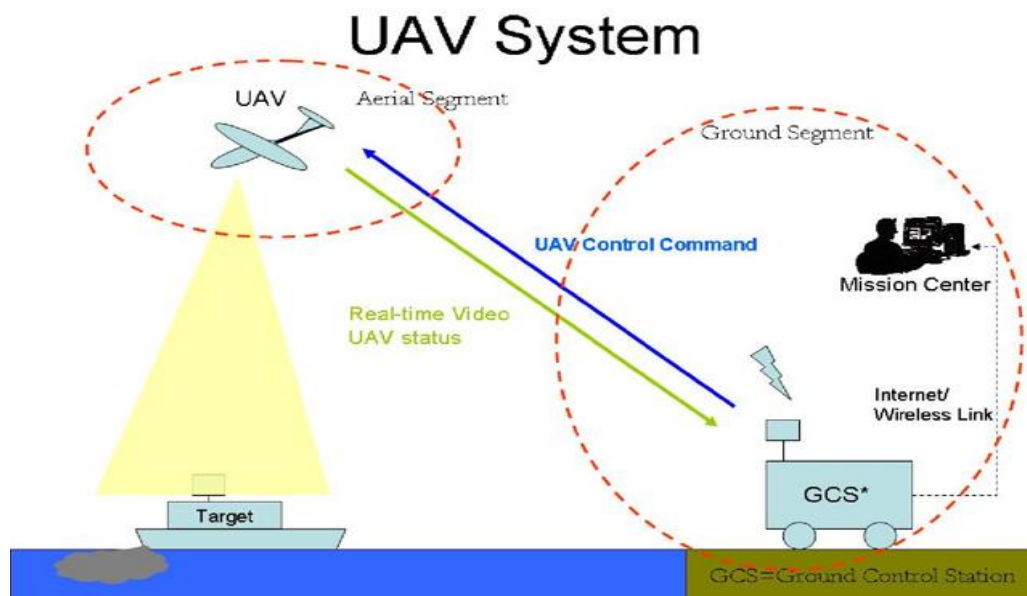
4. Komunikacijski protokoli i sučelja za upravljanje bespilotnim letjelicama

Kako bi uopće mogla biti moguća primjena bespilotnih letjelica potrebna je određena komunikacija između letjelice i posade na zemlji koja upravlja njome te korisničko sučelje pomoću kojeg će se primati podaci s letjelice i slati joj se naredbe.

Komunikacijski sustav predstavlja podatkovne kanale koji se odnose na sve veze prema, od i unutar sustava bespilotne letjelice. On uključuje upravljačke, komunikacijske i pretvorničke veze namijenjene za:

- prijenos glasa ili podataka između posade sustava bespilotne letjelice i kontrole zračne plovidbe, drugih korisnika zračnog prostora i drugih korisnika podataka
- slanje naredbi za upravljanje letjelicom i pretvornicima
- primanje statusa između letjelice i upravljačke jedinice
- prijenos podataka s pretvornika

Slanje podataka vrši se putem radijske frekvencije, izravno ili preko satelita ako je zbog prevelike udaljenosti između letjelice i upravljačke jedinice direktna veza nemoguća. Satelitska komunikacija omogućuje veći radijus djelovanja letjelice.



Slika 14. Skica komunikacijskog sustava, [26]

Prijenos podataka sastoji se od tri radio kanala koji omogućuju davanje naredbi bespilotnoj letjelici, primanje telemetrijskih podataka sa nje i prijenos signala od raznih senzora na letjelici. Naredbeni radio kanal koristimo za upravljanje letom bespilotne letjelice i uređajima u njoj. Telemetrijski radio kanal je namijenjen za prijenos informacija o navigacijskim parametrima i parametrima orijentacije letjelice (kao što su informacije o koordinatama, kursu, visini leta, brzini bespilotne letjelice i slično), a također i za prijenos informacija o stanju funkcioniranja sustava u letjelici. Prijenos signala od informacijskih predajnika, senzora (TV kamera, termovizijska kamera, infracrveni linijski skener, prijemnik za elektronsko izviđanje i dr.) vrši se pomoću informacijskog radio kanala. Po pravilu, informacijski i telemetrijski kanali se objedinjuju u jedan radio kanal.⁷

4.1. Bežična komunikacija

U današnje vrijeme, bežična komunikacija postaje sve više i više uobičajena u modernom životu. Bežični telefoni, Wi-Fi, čak i neki sigurnosni sustavi koriste bežičnu komunikaciju. Bežična komunikacija je prijenos informacija preko neke udaljenosti bez upotrebe „žica“. Udaljenost može biti kratka (nekoliko metara kao kod daljinskog za televiziju) ili duga (tisuće ili milijuni kilometara za radio komunikacije).

Mnoge komunikacijske tehnologije se koriste u današnjim bespilotnim letjelicama, najdominantnija od njih, u kategoriji mini bespilotnih letjelica, je Wi-Fi (obično oko 2.4 GHz). Ipak, razmatrane su i druge tehnologije kao visoko-frekvencijska satelitska komunikacija kao u vojnim sustavima ili Wi-MAX.



Slika 15. Wi-MAX uređaj, [8]

⁷ Papić D. Mogućnost primjene bespilotnih letjelica u Republici Hrvatskoj. Fakultet prometnih znanosti; 2011.

Budući da se bespilotne letjelice mogu kretati brzo i fleksibilno, apsolutno je nemoguće izvesti komunikaciju koristeći žice dok lete. Čak i koristeći bežične tehnologije treba uzeti u obzir letačko ponašanje i brzinu bespilotne letjelice. Međutim, postoji i određen broj prednosti kada bespilotna letjelica koristi bežičnu mrežu.

1. Bespilotne letjelice mogu pružiti na zahtjev visokokvalitetnu komunikaciju zbog smjera širenja signala.
2. Bespilotne letjelice mogu mijenjati svoje planove leta kako bi poboljšale kvalitetu bežične mreže i komunikacije.
3. Bespilotne letjelice mogu same nositi i prosljeđivati velike količine podataka.

U komunikacijskom području postoje neki IEEE standardi. Oni se odnose na područje bežičnih lokalnih mreža.⁸

IEEE 802.11 je set standarda za odvijanje bežične lokalne mreže (WLAN) u 2.4, 3.6 i 5 GHz frekvencijskom pojasu. Najpopularniji su oni definirani sa 802.11b i 802.11g protokolima, koji su nadopuna originalnog standarda.



Slika 16. Uređaj za WLAN, [8]

802.11b i 802.11g standardi koriste nelicencirani pojas frekvencija na 2,4 GHz. Standard 802.11a koristi frekvencije na 5 GHz. Radom na tim frekvencijama, 802.11b i 802.11g uređaje mogu ometati mikrovalne pećnice, bežični telefoni, kamere i drugih uređaji koji također koriste taj "neregulirani" pojas frekvencija. 802.11b i 802.11g dijele područje frekvencija u 14 međusobno preklapljenih kanala koji su široki po 22 MHz. Kanali 1, 6 i 11 (a u nekim zemljama i 14) međusobno se ne preklapaju i te

⁸ Chaoyou Dai, Yifei Li, Weiming Zhai; Communication among UAVs; School of Information Science, Computer and Electrical Engineering, Halmstad University; 2010.

kanale (ali i druge koji su jednako razmaknuti) moguće je koristiti tako da više mreža može raditi jedna blizu druge a da se ne ometaju.⁹

4.2. Upravljačka jedinica

Zemaljske upravljačke stanice su stacionarni ili pokretni hardware/software uređaji za nadzor i upravljanje bespilotnom letjelicom. Iako je riječ *zemaljski* prirodan konceptu, bespilotne letjelice mogu biti upravljane sa zemlje, mora ili zraka. Upravljačke stanice su vjerojatno od iste važnosti kao i same bespilotne letjelice jer omogućuju sučelja sa „ljudskom inteligencijom“ – svaka promjena rute bespilotne letjelice, svaka eventualna greška na zračnoj platformi i/ili svaki rezultat sa senzora opremljenih na letjelicu će biti poslan i viđen na upravljačkoj stanici. Kao osnovni dijelovi bespilotnih letjelica, upravljačke stanice su napredovale zadnjih desetljeća gurane sa paralelnim poboljšanjima u računalnoj znanosti i telekomunikacijama.¹⁰

Upravljanje bespilotnom letjelicom je gotovo identično upravljanju klasičnog zrakoplova. Prije leta, pilot/operator obavlja briefing, pregled letjelice i sprema se za misiju. Jedino je razlika što pilot ne sjeda u letjelicu već u upravljačku stanicu (GCS-Ground Control Station). GCS može biti smještena na vozilo, što povećava pokretljivost bespilotne letjelice.

Svaka upravljačka stanica se sastoji od sučelja za pilota letjelice i operatera opreme. Glavna zadaća stanice je nadgledanje letjelice u fazi leta, prijenos i analiza informacija koje letjelica odašilje. Unutar svake stanice najčešće se nalaze 3 konzole, od kojih jedna služi pilotu za upravljanje, druga operateru opreme za obradu podataka snimanja i treća na kojoj je prikazan položaj letjelice, podaci o misiji i druge informacije. U slučaju kvara sustava, može se prebaciti funkcija sa jedne konzole na drugu. Na slici 10 je prikazana unutrašnjost GCS. Sustav za upravljanje omogućava današnjim letjelicama da uz pomoć satelitske veze „komuniciraju“ sa upravljačkim jedinicama čime se povećava njihov akcijski radijus.¹¹

⁹ https://hr.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11

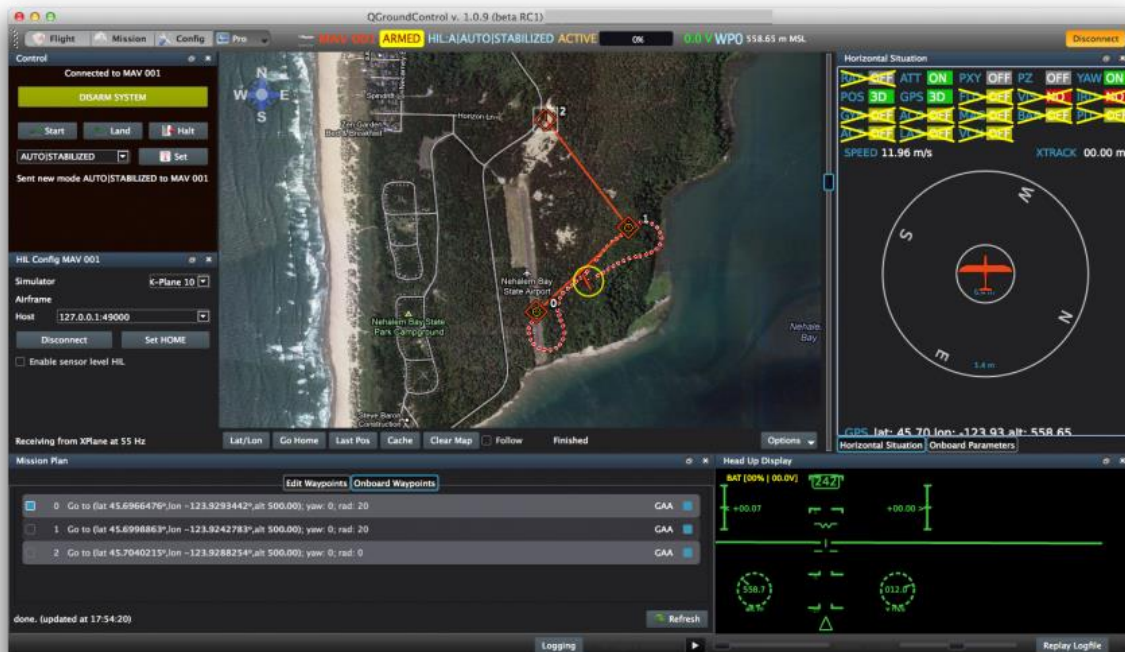
¹⁰ Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review; I. Colomina, P. Molina; Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya; 2014.

¹¹ Velzek M.; Primjena bespilotnih letjelica u sustavu civilne zaštite; Fakultet prometnih znanosti; 2005.



Slika 17. Unutrašnjost upravljačke jedinice, [11]

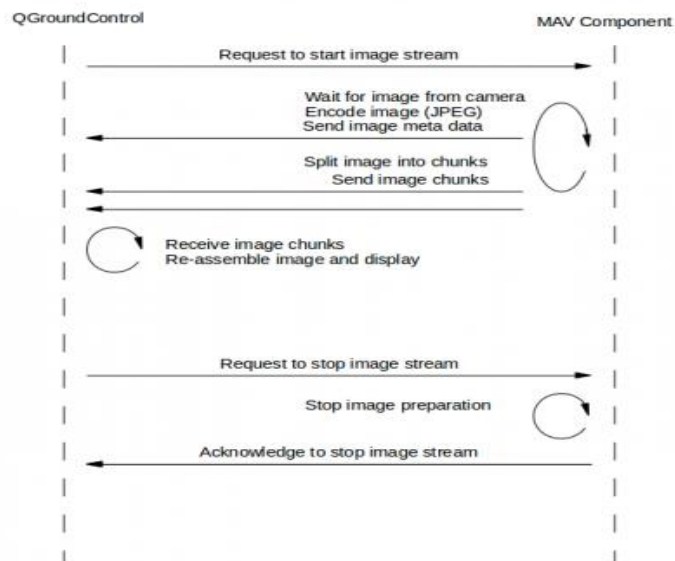
Naravno, s manjim i jednostavnijim bespilotnim letjelicama dolaze i jednostavnije upravljačke jedinice. Za upravljanje tzv. minijaturnim bespilotnim letjelicama dovoljan je i osobni laptop koji uz određeni program djeluje kao upravljačka jedinica. Minijaturne bespilotne letjelice su relativno jeftine, vrlo ih je jednostavno održavati i praktične su za korištenje u urbanim sredinama. Najčešće se koriste u veličinama 15-70 cm, o čemu ovisi opremljenost letjelice i vrijeme izdržljivosti. Cijeli sustav dolazi u manjem kovčegu zajedno sa upravljačkom jedinicom i zaslonom za operatera ili čak virtualnim naočalama pomoću kojih se operater osjeća kao da se nalazi u letjelici.



Slika 18. QgroundControl, [27]

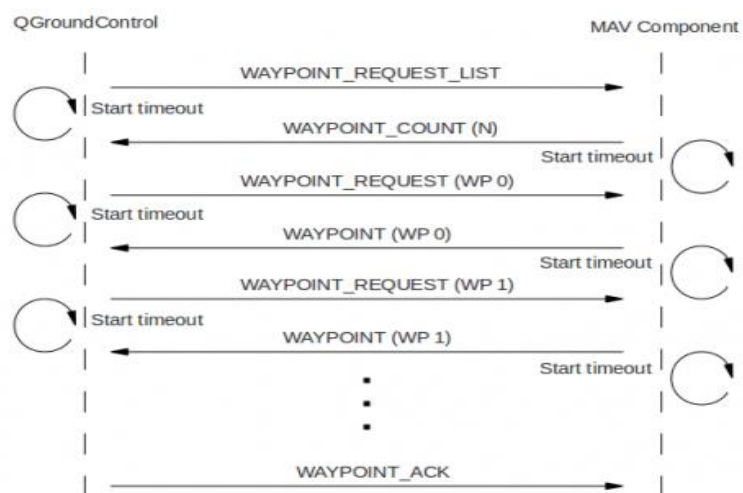
Na slici 11 vidimo primjer QgroundControl programa. Program pretvara naš laptop u upravljačku jedinicu te je moguće na njemu kreirati planove lete za letjelicu, određivati parametre leta (visina, brzina, nagib i dr.), primati telemetrijske podatke sa letjelice i stvarnovremenske podatke sa senzora na letjelici. Pruža također i mogućnost video *streama* u MPEG2 formatu.

Qground Control koristi tzv. MAVLink protokol za komunikaciju između bespilotne letjelice i upravljačke stanice. MAVLink sadrži posebne protokole za prijenos slike i pozicija sa određenim koordinatama.



Slika 19. Protokol za slanje slike, [28]

Protokol započinje slanjem zahtjeva za početak prijenosa slike sa upravljačke stanice na bespilotnu letjelicu. Kada je zahtjev zaprimljen pričekava se slika s kamere te se kodira u JPEG formatu i prvo se šalju njeni meta podaci. Nakon toga slika se dijeli na manje blokove koji se zatim šalju u upravljačku stanicu koja ih prima i ponovno sastavlja sliku i prikazuje ju. Takav proces podataka se nastavlja sve do trenutka dok se ne pošalje na bespilotnu letjelicu zahtjev za prestankom prijenosa slike. Slika se prestaje pripremat za slanje i bespilotna letjelica potvrđuje primitak zahtjeva.



Slika 20. Protokol za pozicije određene koordinatama, [29]

Ovaj protokol također započinje slanjem zahtjeva s upravljačke stanice za primanje pozicija sa koordinatama. Protokol šalje poziciju po poziciju, nakon što upravljačka stanica primi prvu poziciju šalje zahtjev za sljedećom i tako sve do zadnje pozicije kada šalje potvrdu da je primila listu pozicija. Moguće je i učítavati sa upravljačke stanice nove pozicije na koje želimo da bespilotna letjelica ode. Protokol za to je samo obrnut protokolu za primanje pozicija sa letjelice.

5. Primjer početnog rješenja ITS aplikacije za verifikaciju incidentne situacije

U Republici Hrvatskoj, prema analizi podataka dobivenih brojanjem prometa, postoji dugoročna tendencija porasta cestovnog prometa. Cestovni promet ima sve veće značenje, kako u prijevozu putnika tako i u prijevozu tereta. Osim toga cestovni promet predstavlja jedan od bitnijih elemenata turističkog sustava koji postaje aktivni generator razvoja gospodarstva i jedan od najdinamičnijih sektora ljudske djelatnosti.

Porastom prometa na hrvatskim cestama rastu i zagušenja, što rezultira povećanjem broja incidentnih situacija. Postojeća cestovna mreža, posebice ona u pravcu Jadrana, ne može u potpunosti zadovoljiti prometnu potražnju u ljetnim mjesecima kada broj vozila dva do tri puta prelazi godišnji prosjek. Zbog toga se znatna sredstva ulažu u razvoj cestovne infrastrukture i intenzivira se rad na implementiranju ITS-a. Bespilotne letjelice bi u kombinaciji s ITS-om bile kvalitetno rješenje.¹²



Slika 21. Mikrodron u vlasništvu britanske policije, [30]

Zbog brojnih prepreka (zgrade, žice i dr.), naročito u urabnim sredinama, puno bolja je primjena bespilotnih letjelica na principu helikoptera tj. letjelica koje koriste VTOL tehnologiju nego onih što rade na klasičnom principu zrakoplova. Vertikalnim

¹² Papić D. Mogućnost primjene bespilotnih letjelica u Republici Hrvatskoj. Fakultet prometnih znanosti; 2011.

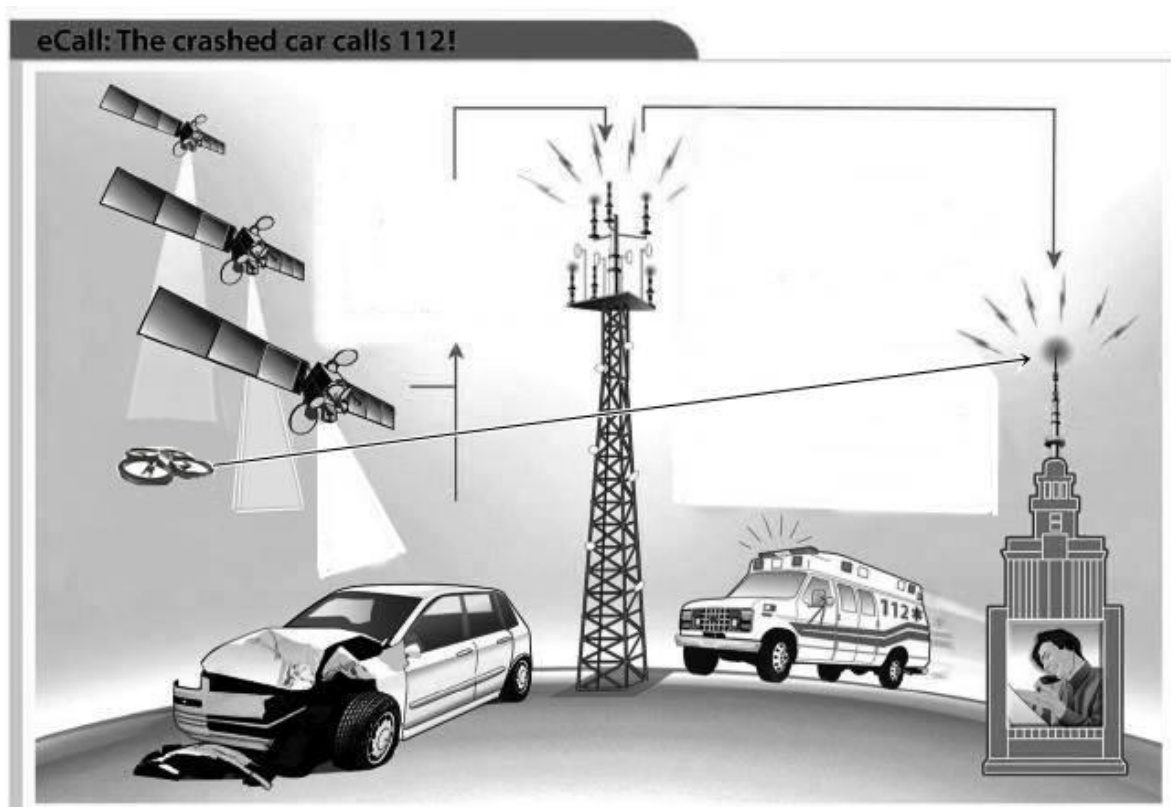
polijetanjem i slijetanjem lansiranje i prihvat letjelice je vrlo jednostavan, nisu potrebne lansirne rampe niti površine za zalet i slijetanje.

Kako bi se bespilotna letjelica mogla primjeniti za verifikaciju incidentnih situacija u prometu potrebna je aplikacija koja će primati i slati podatke. Točnije koja će pružiti bespilotnoj letjelici koordinate navodnog incidenta kako bi se mogao isplanirati plan leta do točne lokacije.

5.1. Mogućnost integriranja bespilotne letjelice u eCall sustav

Jedno od rješenja koje se nameće za tu aplikaciju je njena integracija sa već postojećim eCall sustavom. Glavna funkcija eCall sustava je autonomno detektiranje incidentne situacije te pozivanje najbliže točke za preuzimanje poziva, tzv. PSAP-a (Public Safety Answering Point) u slučaju ozbiljnih incidentnih situacija te bi od 2018. godine treba postati obavezan u svim novim vozilima. Koncept sustava zamišljen je tako da pored grupe detekcijskih podataka u isto vrijeme šalje i podatke vezane za lokaciju incidenta, vrijeme te smjer kretanja vozila. Kada ePoziv sustav u vozilu u slučaju nesreće osjeti jači udarac, automatski upućuje hitni poziv 112 najbližem centru za hitne situacije i dojavljuje točno mjesto nesreće i ostale podatke. Isti se učinak može postići i ručno, pritiskanjem gumba, što je dobro u slučaju kada ste svjedok nesreće. Bez obzira je li poziv upućen automatski ili ručno, između vozila i hitnog centra se uz automatsku vezu podataka uspostavlja i glasovna veza. Na taj način osoba u vozilu koja je u stanju odgovarati na pitanja može pozivnom centru dati dodatne pojedinosti o nesreći.

Izravno dobivanje informacije o nesreći i mjestu gdje se dogodila automatski pruža potrebne informacije bespilotnoj letjelici kako bi verificirala incidentnu situaciju te smanjuje vrijeme reagiranja na nju za 50% u ruralnim, odnosno 40% u gradskim sredinama. Što se ranije bude stizalo na mjesto nesreće, brže će se moći očistiti ceste, čime se smanjuje rizik od sekundarnih nesreća, vrijeme zagušenja prometa, potrošnja goriva te ispuštanje ugljičnog dioksida.



Slika 22. Način rada eCall sustava

Bespilotna letjelica mogla bi uz adekvatnu opremu vrlo lako verificirati incidentnu situaciju a uz nju pružiti i neke dodatne mogućnosti kao što je npr. detektiranje područja zagušenja kao posljedice incidentne situacije. Slanjem slika ili snimki uživo sa mjesta nesreće pruža operaterima i žurnim službama bolji uvid u nastalu situaciju. Operateri i žurne službe će biti u mogućnosti saznati i prije dolaska na mjesto incidenta koja su im sve sredstva potrebna za reagiranje na situaciju i raščišćavanje situacije bez dodatnih gubitaka vremena čekajući potrebnu opremu kada već stignu. Pogled odozgo također omogućuje bolji i brži očevid i rekonstrukciju nesreće, a ujedno se postiže brže uspostavljanje normalnog prometa nakon nesreće.

Integracija bespilotnih letjelica sa eCall sustavom pruža još jednu pogodnost kod primjene letjelica. Upotreba bespilotne letjelice će ovisiti o operateru u centru koji će odlučivati kada je ju je potrebno koristiti. Operater će na temelju dobivenih podataka sa senzora na automobilu i uspješno ili neuspješno uspostavljanje komunikacije sa sudionicima incidentne situacije procijeniti težinu i ozbiljnost situacije i ukoliko je

potrebno odaslati bespilotnu letjelicu za verificiranje i procjenu situacije. Takvim načinom funkcioniranja smanjili bi se troškovi koje sa sobom nosi korištenje letjelice jer se letjelica ne bi odazivala na svaki poziv koji stigne u centar.

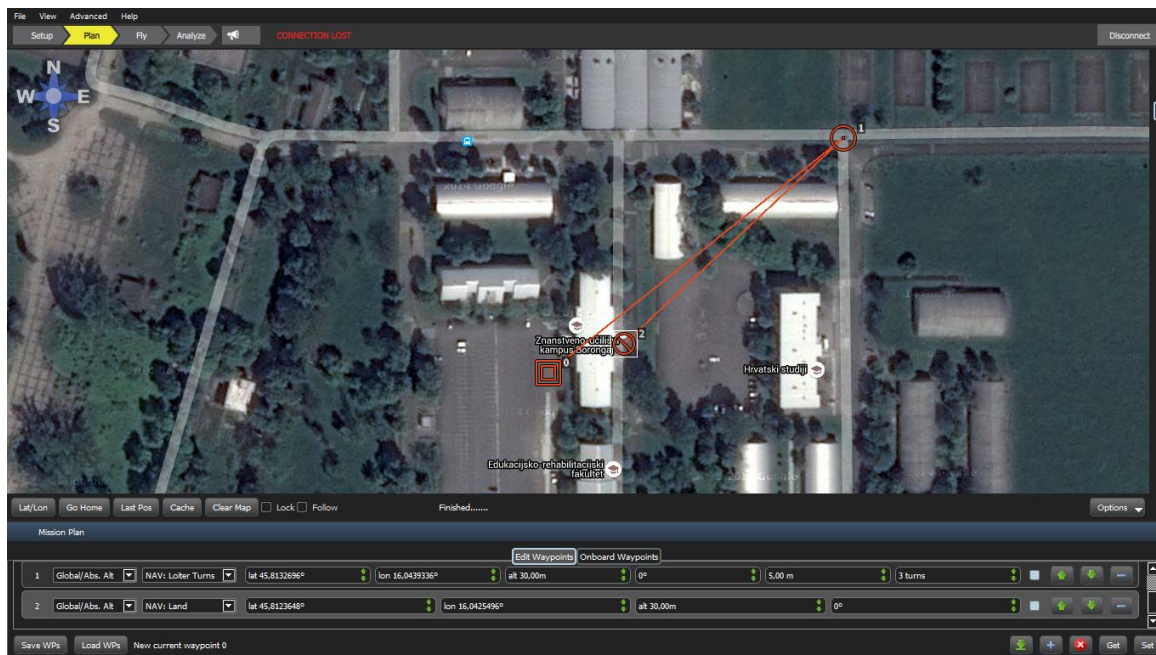
5.2. Testni scenarij

Zamislimo ovakav scenarij. Putem aplikacije prijavljena je incidenta situacija u kampusu na Borongaju. Težina i okolnosti incidentne situacije su zasad nepoznate te je potrebno poslati bespilotnu letjelicu na mjesto događaja i verificirati incident te prikupiti neke osnovne informacije o njemu. Primitkom obavijesti o incidentu preko aplikacije, primili smo također i koordinate samo incidenta. Slijedeći cilj je planiranje rute leta bespilotne letjelice što će biti prikazano pomoću QgroundControl upravljačke stanice. QgroundControl ima mogućnost točnog definiranja svake točke, neke od mogućnosti su:

- TakeOff - točka polijetanja,
- Land - točka slijetanja,
- Waypoint - pozicija određena koordinatama,
- Loiter unlim. - neodređeno zadržavanje na poziciji određenoj koordinatama,
- Loiter time - zadržavanje na poziciji određenoj koordinatama određeno vrijeme,
- Loiter turns - zadržavanje na poziciji određenoj koordinatama i kruženje na njoj određen broj krugova i dr.

Svakoj točki možemo odrediti dozvoljeni radijus odstupanja što ukoliko stavimo radijus odstupanja 2 metra, bespilotna letjelica će morati doći u krug radijusa 2 metra oko željene točke te će se potvrditi njen dolazak na tu točku.

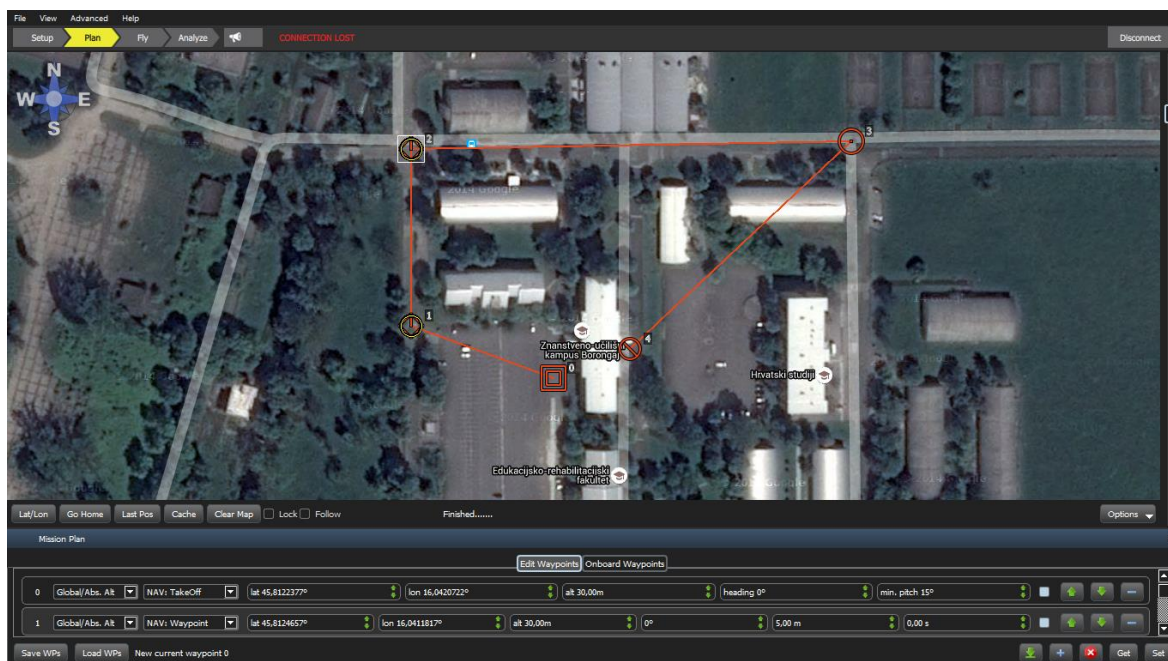
Loiter naredbe omogućuju zadržavanje letjelice na željenim koordinatama određeno vrijeme ili određen broj krugova oko te točke. Vrijeme zadržavanja, broj krugova te i sam radijus tih krugova određuje sam korisnik prema svojim željama.



Slika 23. Primjer prvog plana leta

Na slici 23. vidimo primjer prvog načina određivanja rute. Pretpostavimo da znamo visine svih građevina na karti. Nultu točku smo odredili kao točku polijetanja te će joj se odrediti visina leta bespilotne letjelice tako da je na sigurnoj visini od bilo kakvih prepreka koje joj se nalaze na putu što omogućuje korištenje direktne linije i najkraćeg puta do mjesta incidenta.

Točka jedan je mjesto incidenta i definirana je kao točka na kojoj će se letjelica zadržati te u ovom slučaju napraviti 3 kruga oko nje u radijusu od 5 metara. Zadana 3 kruga oko mjesta incidenta dat će na uvid u nastali incident i situaciju na mjestu incidenta putem kamere na bespilotnoj letjelici. Nakon odrađene misije na točki 1 vratit će se do točke 2, točke slijetanja.



Slika 24. Primjer drugog plana leta

Slika 24. prikazuje plan leta za situaciju u kojoj se ruta bespilotne letjelice planira prema prometnoj mreži. Ukoliko je letjelica okružena visokim građevinama ili ne možemo odrediti sigurnu visinu, let iznad prometnice pruža određenu sigurnost što se tiče mogućih prepreka na putu bespilotne letjelice. Kao i u prošlom primjeru prva i zadnja točka su točke polijetanja i slijetanja dok su točke jedan i dva pozicije određene koordinatama i letjelica se neće zadržavati na njima, iako i tu postoji mogućnost određivanja vremena zadržavanja ali je u ovom slučaju nula jer nema potrebe za tim, nego će čim dođe do njih odmah nastaviti do slijedeće zadane točke. Točka tri predstavlja mjesto incidenta i opet je određeno da će bespilotna letjelica prvo napraviti 3 kruga na toj lokaciji kako bi se snimila situacije te će se zatim nastaviti do posljednje točke i sletiti.

Analizom snimaka i slika u stvarnom vremenu u upravljačkom centru, dok je još bespilotna letjelica na lokaciji incidenta, moći će se odredit potrebna oprema za odgovor i raščišćavanje nastalog incidenta. To će omogućiti informiranje žurnih službi o potrebnoj opremi i prije dolaska na mjesto lokacije te se neće gubiti vrijeme na čekanje tražene opreme.

Tablica 5. Podaci primljeni putem protokola za svaku točku

Indeks	Trenutna točka	Naredba	1	2	3	4	X	Y	Z	AN
0	1	16	1	2	0	-80	45.8137145740	16.045508086681	10	1
1	0	16	1	2	0	-75	45.8137351383	16.045373976230	10	1

Tablica 5. prikaju podatke koje primamo za svaku zadanu točku. U tablici su prikazani podatci za dvije točke čiji su indeksi 0 i 1. Bepilotna letjelica se nalazi na točki 0 što nam govori jedinica u stupcu „Trenutna točka“. Primamo i podatke četiri parametra koja su označena sa 1,2,3 i 4. Parametar zemljopisne dužine označen je sa X a parametar zemljopisne širine sa Y dok parametar Z označuje visinu letjelice. Ukoliko je autonastavak (AN) označen sa 1 to znači da letjelica automatski nastavlja do slijedeće točke a ukoliko je 0 znači da će se letjelica zadržati na toj točki sve dok ne dobije naredbu da krene prema slijedećoj.

6. Zaključak

Pogledamo li razvoj bespilotnih letjelica unatrag 15-ak godina, vidimo da je postignut velik napredak na to području. Širina primjene bespilotnih letjelica je velika.

Potencijalne mogućnosti primjene i dostupnost tehnologije su omogućile da se strogo vojne letjelice prenamijene u civilnu svrhu. Razvoj računalne, senzorske i komunikacijske tehnologije, razvoj lakih materijala uzrokovali su povećani interes za primjenom bespilotnih letjelica u širokom krugu civilnih aplikacija. No njihova civilna uporaba iznimno je ograničena zbog nerazrađene pravno-tehničke i zakonodavne regulative.

Bespilotne letjelice uz pomoć sustava i senzora visoke tehnologije, u kombinaciji s ITS-om, mogu pružiti informacije koje se ne mogu dobiti konvencionalnim metodama te na taj način uvelike pridonijeti podizanju razine sigurnosti, učinkovitijem upravljanju prometom, boljoj ekološkoj zaštiti.

Razvojem autonomnih letjelica i sustava umjetne inteligencije pokušao bi se anulirati jedan od glavnih problema prilikom uporabe letjelica. Letjelica bi prema podacima dobivenim preko vanjskih senzora odlučivala o smjeru leta radi izbjegavanja opasnosti, te o pojedinim akcijama u određenim situacijama što bi prilikom korištenja 3D mape omogućilo letjelici odabir optimalne rute do mjesta incidenta.

Nažalost, visoka cijena razvoja, održavanje sustava i obuke osoblja su glavni problemi zašto se u široj mjeri ne koriste bespilotne letjelice.

Bespilotne letjelice su tek u svom začetku i samo smo zagrebali po površini njihovih mogućnosti. Za očekivati je brz razvoj na ovom području u budućnosti što bi ih trebalo učiniti mnogo pristupačnijima za upotrebu.

Literatura

- [1] <http://asirt.org/Initiatives/Informing-Road-Users/Road-Safety-Facts/Road-Crash-Statistics> (lipanj, 2015.)
- [2] Bošnjak, I.: Inteligentni transportni sustavi – ITS I, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.
- [3] <https://www.dot.ny.gov/tim?nd=nysdot> (lipanj, 2015.)
- [4] A. Vidović: Organizacija hitne medicinske pomoći uporabom helikoptera, Zagreb, 2009.
- [5] [Bespilotne letjelice podržane INS i GNSS senzorima.pdf](#)
- [6] http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_05_49_974.html (rujan, 2015.)
- [7] Papić D. Mogućnost primjene bespilotnih letjelica u Republici Hrvatskoj. Fakultet prometnih znanosti; 2011.
- [8] Chaoyou Dai, Yifei Li, Weiming Zhai; Communication among UAVs; School of Information Science, Computer and Electrical Engineering, Halmstad University; 2010.
- [9] https://hr.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11 (kolovoz, 2015.)
- [10] Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review; I. Colomina, P. Molina; Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya; 2014.
- [11] Velzek M.; Primjena bespilotnih letjelica u sustavu civilne zaštite; Fakultet prometnih znanosti; 2005.
- [12] Papić D. Mogućnost primjene bespilotnih letjelica u Republici Hrvatskoj. Fakultet prometnih znanosti; 2011.
- [13] <http://www.vijesti-x.com/hrvatska-osam-osoba-ozlijedeno-u-lančanom-sudaru-10-automobila/> (kolovoz, 2015.)
- [14] Upravljanje incidentnim situacijama u prometu – predavanje 3
- [15] [Lessons Learned: Application of Small UAV for Urban Highway Traffic Monitoring.pdf](#)
- [16] http://i.ytimg.com/vi/r7781a_IO28/maxresdefault.jpg (rujan, 2015.)
- [17] http://web.mae.ufl.edu/~rick/rick_pro/traj/traffic.jpg (rujan, 2015.)
- [18] <http://i.ytimg.com/vi/gyNdqetEfLQ/maxresdefault.jpg> (rujan, 2015.)

- [19] <http://www.hawkaerospace.eu/Default.aspx?tabid=239&articleType=ArticleView&articleId=56> (rujan, 2015.)
- [20] <http://www.microdrones.com/en/applications/areas-of-application/monitoring/> (kolovoz, 2015.)
- [21] M. Arjomandi: Classification of Unmanned Aerial Vehicles , Adelaide, 2008.
- [22] Dalamagkidis K., Valavanis K.P., Piegel L.A.: On Integrating Unmanned Aircraft Systems into the National Airspace System, New York, 2008.
- [23] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bf/Bundesarchiv_Bild_146-1975-117-26,_Marschflugk%C3%B6rper_V1_vor_Start.jpg (lipanj, 2015.)
- [24] Cox T.H., Nagy J.C., Skoog M.A.: Civil UAV Capability Assessment, NASA, 2005.
- [25] <http://dronelife.com/wp-content/uploads/2015/06/CAS-air1.jpg> (rujan, 2015.)
- [26] <http://www.autocopter.us/sf150.htm> (rujan, 2015.)
- [27] http://qgroundcontrol.org/_detail/qgc_hil.png?id=screenshots (kolovoz, 2015.)
- [28] http://qgroundcontrol.org/mavlink/image_transmission_protocol (rujan, 2015.)
- [29] http://qgroundcontrol.org/mavlink/waypoint_protocol (rujan, 2015.)
- [30] <http://www.telegraph.co.uk/technology/news/11541504/Where-is-the-legal-line-in-flying-drones.html> (kolovoz, 2015.)

Popis kratica

ITS	(Intelligent transport systems) inteligentni transportni sustavi
UAV	(Unmanned aerial vehicles) bespilotne letjelice
GNSS	(Global navigation satellite system) globalni navigacijski satelitski sustav
INS	(Inertial navigation system) inercijski navigacijski sustav
WLAN	(Wireless local area network) bežična lokalna mreža
GCS	(Ground control station) upravljačka stanica
VTOL	(Vertical takeoff and landing) vertikalno polijetanje i slijetanje
PSAP	(Public Safety Answering Point) najbliža točka za preuzimanje poziva
S&A	(Sense and avoid) sustav koji pouzdano otkriva i izbjegava druge objekte

Popis tablica

Tablica 1. Klasifikacija bespilotnih letjelica prema UVS – International	22
Tablica 2. Klasifikacija bespilotnih letjelica prema težini	23
Tablica 3. Klasifikacija bespilotnih letjelica prema istrajnosti i doletu	23
Tablica 4. Podjela bespilotnih letjelica prema maksimalnoj visini leta	24
Tablica 5. Podaci primljeni putem protokola za svaku točku	44

Popis slika

Slika 1. Upravljanje incidentnom situacijom, [13].....	5
Slika 2. Faze upravljanja incidentnim situacijama u prometu, [14]	7
Slika 3. Skica detekcija incidentne situacije, [15]	9
Slika 4. Prikaz incidentne situacije preko bespilotne letjelice, [16]	10
Slika 5. Prolazak bespilotne letjelice rutom žurne službe, [17].....	11
Slika 6. Pogled sa bespilotne letjelice, [18]	12
Slika 7. Koncept nadgledanja i detekcije, [19].....	14
Slika 8. Video i upravljačko sučelje bespilotne letjelice, [11]	15
Slika 9. Slika dobivena preko bespilotne letjelice, [20]	17
Slika 10. „Leteći golub“, [22]	19
Slika 11. V-1, [23]	19
Slika 12. Kronološki prikaz razvoja bespilotnih letjelica, [24].....	20
Slika 13. Princip rada „Osjeti i izbjegni“ sustava, [25].....	26
Slika 14. Skica komunikacijskog sustava, [26].....	30
Slika 15. Wi-MAX uređaj, [8].....	31
Slika 16. Uređaj za WLAN, [8]	32
Slika 17. Unutrašnjost upravljačke jedinice, [11]	34
Slika 18. QgroundControl, [27]	35
Slika 19. Protokol za slanje slika, [28]	36
Slika 20. Protokol za pozicije određene koordinatama, [29]	36
Slika 21. Mikrodron u vlasništvu britanske policije, [30]	38
Slika 22. Način rada eCall sustava	40
Slika 23. Primjer prvog plana leta	42
Slika 24. Primjer drugog plana leta.....	43