

**ELEKTROTEHNIČKA ŠKOLA SPLIT
TESLINA 2, SPLIT**

ZAVRŠNI RAD

BESPILOTNE LETJELICE

Mentor: Lidija Anđelić

Učenik: Mirko Radan

Razred: 4.D

Zanimanje: Tehničar za računalstvo

Split, ožujak 2022.

Sadržaj

1. UVOD.....	4
2. Bepilotne letjelice	5
2.1. Definicija bespilotnih letjelica	5
2.2. Kratki povijesni pregled	6
3. Podjela bespilotnih letjelica	7
3.1. Podjela prema Europskoj zajednici za bespilotne letjelice	7
3.2. Podjela prema Međunarodnoj organizaciji za civilno zrakoplovstvo	8
4. Komponente bespilotnih letjelica.....	9
4.1. Osnovni funkcionalni dijelovi drona	10
4.1.1. Okvir	11
4.1.2. Motori	11
4.1.3. Propeleri	12
4.1.4. Kontrolor brzine vrtnje	12
4.1.5. Energetski modul	13
4.1.6. Baterije	14
4.1.7. Ploča za kontrolu leta	14
4.1.8. GPS modul	15
4.1.9. Radijski upravljač i prijamnik.....	15
4.1.10. Telemetrijski modul i zemaljska stanica.....	16
4.2. Ostali funkcionalni dijelovi drona	16
4.2.1. Kamera i stabilizator	16
4.2.2. Senzor za izbjegavanje prepreka	17
4.2.3. Sigurnosni padobran	17

5. Simulatori letenja	18
5.1. VelociDrone simulator	18
5.2. The Drone Racing League Simulator	18
5.3. FPV Air 2.....	19
5.4. Real Drone Simulator.....	19
6. Primjena.....	20
6.1. Vojna primjena	21
6.1.1. Vijetnamski rat.....	21
6.1.2. Rat u Bosni.....	22
6.1.3. Afganistan.....	22
6.1.4. Rat u Ukrajini	23
6.2. Civilna primjena.....	25
6.2.1. Primjena u poljoprivredi	26
6.2.2. Upotreba u geodeziji.....	27
6.2.3. Praćenje i nadzor okoliša	27
6.2.4. Potraga i spašavanje	28
6.2.5. Kontrola i nadzor kritičnih infrastruktura	29
6.2.6. Sigurnost	29
6.2.7. Dostava	30
7. Pravna regulativa	31
8. ZAKLJUČAK	32
LITERATURA.....	33
PRILOZI	34
1. Video (CD)	34

1. UVOD

Napredak tehnologije bespilotnih letjelica utjecao je na promjene u mnogim gospodarskim i društvenim sektorima, ali i u očekivanjima kako će se njihovom upotrebom u mnogim zanimanjima smanjiti i nesreće na radu te razne posljedice povezane s njima. Danas za razliku od početne namjene korištenja bespilotnih letjelica, one se koriste u različitim segmentima života, od vojnog, civilnog do rekreativnog. Korištenje bespilotnih letjelica, naročito u civilne svrhe, bilježi eksponencijalan rast.

U ovom radu ćemo detaljno opisati sami razvoj bespilotnih letjelica kroz povijest, njihovu primjenu, odnosno svrhu i koje su razlike među tipovima bespilotnih letjelica, te pravnu regulativu.

2. Bepilotne letjelice

2.1. Definicija bespilotnih letjelica

U današnje vrijeme svjedočimo ubrzanom razvoju, usavršavanju i stvaranju novih tehnologija koje pomažu u različitim ljudskim aktivnostima. Jedna od tih tehnologija su bespilotne letjelice. Iako su tek danas postale pojam svakodnevnice, bespilotne letjelice postoje već dugi niz godina. U samom početku razvoja bespilotnih letjelica, one su se koristile uglavnom za vojne svrhe, te je upravo to razlog zašto se njihov razvoj držao u tajnosti. Danas za razliku od početne namjene korištenja bespilotnih letjelica, koriste se u različitim segmentima života, od vojnog, civilnog do rekreativnog. Korištenje bespilotnih letjelica, naročito u civilne svrhe, bilježi eksponencijalan rast.



Slika 1. Bepilotna letjelica

2.2. Kratki povijesni pregled

Kroz povijest bespilotnih letjelica, bespilotni sustavi imaju tendenciju da su razvijani za vojne svrhe, kao što je slučaj i s mnogim drugim tehnologijama, dok civilna uporaba započinje tek kada je razvoj i testiranje bilo postignuto u vojnom području. Za vrijeme prvog svjetskog rata bespilotne su letjelice postale prepoznatljiv sustav.

Charles Kettering, razvio je dvokrilnu bespilotnu letjelicu za vojni signalni korpus. Letjelica se razvijala oko tri godine i nazvan je Kettering Aerial Torpedo, no poznatija je pod nazivom „Kettering Bug“ ili samo „Bug“. Letjelica je mogla letjeti oko 65 do 90 km/h i nositi oko 80 kg eksploziva. Bila je usmjerena prema cilju sa svojim postavkama i imala je odvojiva krila koja bi se ispustila u trenutku kada bi letjelica bila iznad mete, dopuštajući trupu aviona da padne na tlo kao bomba.

Također 1917., Lawrence Sperry je razvio UAV, sličan kao od Katteringa. Letjelica je imala naziv Sperry-Curtis Aerial Torpedo, a bila je namijenjena za mornaricu. Imala je nekoliko uspješnih letova, ali nikad nije bila upotrijebljena u ratu. Također, veliku važnost u razvoju bespilotnih letjelica je imao i Archibald Montgomery Low, koji je razvio podatkovnu vezu. Profesor Low je rođen u Engleskoj 1888., i bio je poznat kao „Otac radijskih sustava za usmjeravanje“. Razvio je prvu podatkovnu vezu i riješio probleme sučelja bespilotnih letjelica koje je uzrokovao motor. U rujnu 1924. godine je napravio prvi uspješni svjetski let putem radio signala.

1937. još jedan Englez, Reginald Leigh Denny, i dvojica Amerikanaca, Walter Rhytter i Kennet Case, razvili su seriju bespilotnih letjelica nazvanih RP-1, RP-2, RP-3 i RP-4. Nijemci su u kasnijim godinama drugog svjetskog rata koristili smrtonosne bespilotne letjelice V-1 i V-2. Tek su se u vrijeme Vijetnamskog rata bespilotne letjelice uspješno koristile kao sredstva za nadziranje, odnosno izviđanje.

3. Podjela bespilotnih letjelica

Postoji veliki broj različitih tipova bespilotnih letjelica s različitim mogućnostima, ovisno o potrebama samih korisnika. Trenutno u svijetu ne postoji općeprihvaćena podjela bespilotnih letjelica iako se intenzivno radi na tom pitanju. Kriteriji za podjelu također nisu usuglašeni, a ima ih više od kojih ističemo: namjenu, visinu leta, težinu pri polijetanju, maksimalni dolet, područje letenja, kontrolu, upravljanje te konstruktivnu izvedbu letjelice.

3.1. Podjela prema Europskoj zajednici za bespilotne letjelice

Europska zajednica za bespilotne kreirala je klasifikaciju bespilotnih letjelica na osnovu sljedećih parametara: visina leta, trajanje leta, brzina, maksimalna nosivost, veličina letjelice, domet signala i dr.

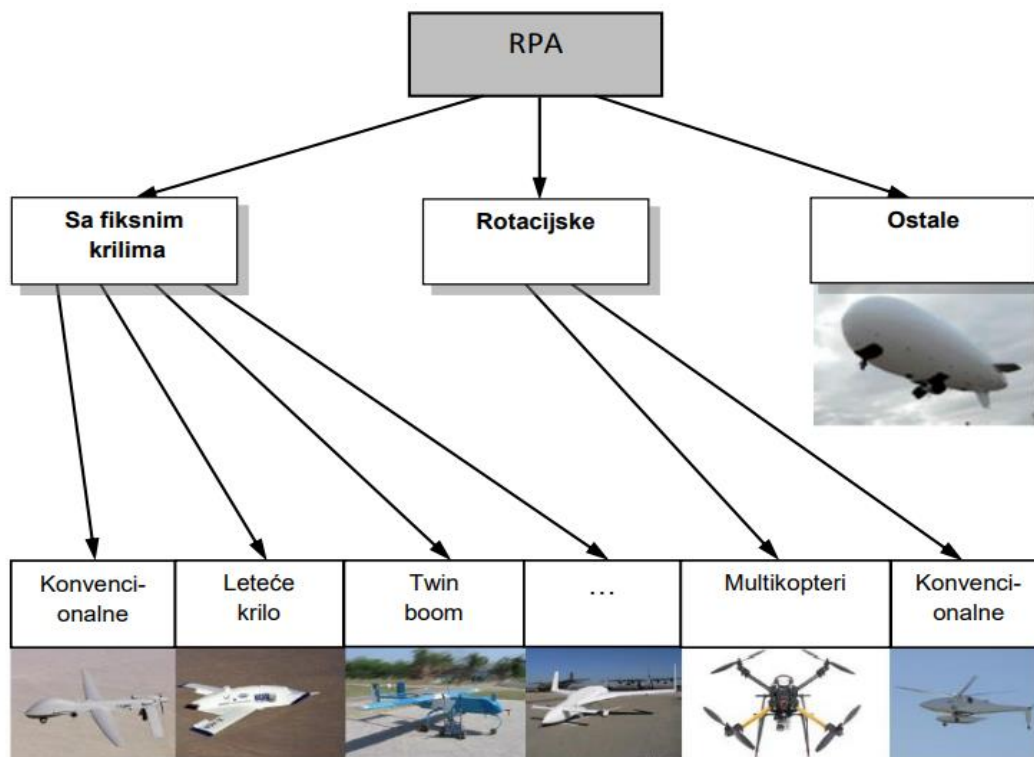
EUROUVS klasifikacija bespilotnih letjelica					
	kategorija	max. nosivost (kg)	visina leta (dolet) (m)	trajanje leta (h)	domet signala (km)
mini/mikro	mikro	0.10	250	1	<10
	mini	<30	150-300	<2	<10
taktičke	bliskog dometa	150	3000	2-4	10-30
	kratkog doleta	200	3000	3-6	30-70
	srednjeg doleta	150-500	3000-5000	6-10	70-200
	dugog doleta	-	5000	6-13	200-500
	dugog doleta i trajanja leta	500-1500	5000-8000	12-24	>500
	srednje letećeg dugog trajanja leta	1000-1500	5000-8000	12-48	>500
strateške	visoko leteće dugog trajanja leta	2500-12500	15000-20000	12-48	>2000
bespilotne letjelice s posebnom zadaćom	smrtonosne	250	3000-4000	3-4	300
	mamci	250	50-5000	>4	0-500
	stratosferske	u razvoju	20000-30000	>48	>2000
	egzosferske	u razvoju	>30000	u razvoju	u razvoju

Tablica 1. EUROUVS klasifikacija bespilotnih letjelica

3.2. Podjela prema Međunarodnoj organizaciji za civilno zrakoplovstvo

Prema međunarodnoj organizaciji za civilno zrakoplovstvo bespilotne letjelice mogu se podijeliti u dvije kategorije:

1. Autonomne letjelice - temelje se na naprednim sustavima za dinamičko navođenje te se trenutačno smatraju neprikladnima za regulaciju u civilnom zrakoplovstvu radi zakonskih problema te pitanja odgovornosti.
2. Letjelice na daljinsko upravljanje (RPA) - letjelice na daljinsko upravljanje podliježu pravnim propisima kako Međunarodne organizacije za civilno zrakoplovstvo tako i propisima i zakonima nacionalnih agencija za civilno zrakoplovstvo. Letjelice na daljinsko upravljanje mogu se podijeliti na one sa fiksnim krilima, rotacijske te ostale modele.



Slika 2. Podjela letjelica na daljinsko upravljanje

4. Komponente bespilotnih letjelica

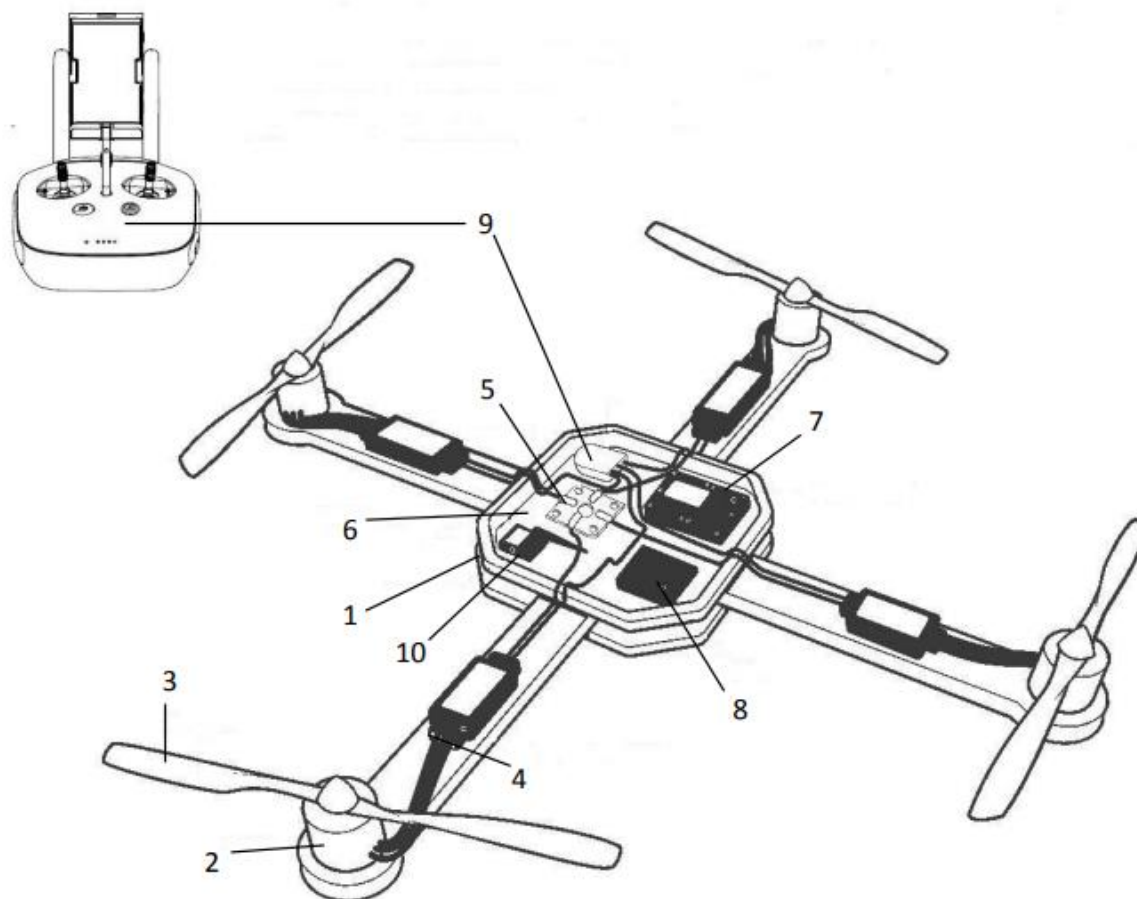
U današnje vrijeme poseban značaj i široku primjenu dobila je vrsta bespilotnih letjelica koje nazivamo multirotori, a za koju se skoro uvijek koristi naziv dronovi. Upotreba multikoptera rapidno se povećava ponajviše i zbog njihove sposobnosti preciznog lebdjenja iznad raznih područja pa tako i mogućnosti letova iznad urbanih područja na vrlo niskim visinama. Zbog tih mogućnosti ovakve letjelice su stekle veliku popularnost u civilnoj komercijalnoj primjeni.



Slika 3. Multirotor

S obzirom na broj ugrađenih motora multikoptere možemo podijeliti na: trikoptere (tri motora), kvadkoptere (četiri motora), heksakoptere (šest motora), oktokoptere (osam motora), itd. Što je veći broj ugrađenih motora na letjelici to je i manja mogućnost njenog fatalnog pada u slučaju otkazivanja jednog od motora.

4.1. Osnovni funkcionalni dijelovi drona



Slika 4. Osnovni dijelovi drona

BROJ	KOMPONENTA
1	okvir
2	motor
3	propeler
4	kontrolor brzine vrtnje (ESC)
5	energetski modul
6	baterija
7	ploča za kontrolu leta
8	GPS
9	radijski upravljač i prijamnik
10	telemetrijski modul

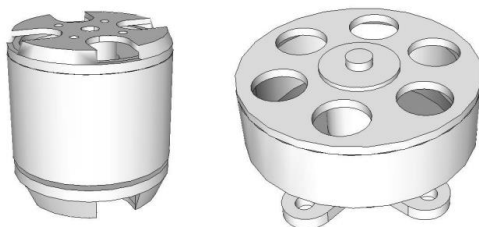
Tablica 2. Komponente drona

4.1.1. Okvir

Svakom dronu je potreban okvir u kojem su smještene sve komponente. Pri izboru okvira je potrebno uzeti u obzir težinu, veličinu i materijal izrade. Najbolji materijal je karbon zbog svoje čvrstoće i lakoće, ali je problem u cijeni. Veliki dronovi najčešće imaju oblik aviona: izduženo tijelo sa krilima za uzgon i izvorom pogona (uglavnom propeler) usmjerenim prema nazad. Manji dronovi imaju malo tijelo sa nekoliko ruka na kojima se nalaze motori spojeni na rotore.

4.1.2. Motori

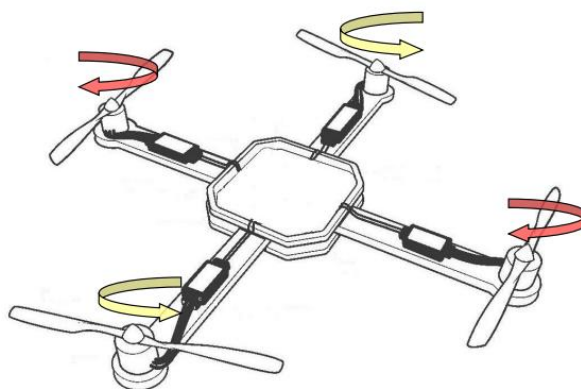
Odabir motora ima veliki utjecaj na dužinu leta i maksimalnu nosivost drona. Pritom veliki dronovi imaju konvencionalne motore na unutarnje izgranje, a manji imaju električne spojene na istosmjernu struju. Preporučljivo je da dronovi imaju isti model električnog motora, no unatoč tomu mogu imati različite brzine, za što je potreban sustav za kontrolu leta. Postoje dva bitna faktora koja je preporučljivo uzeti u obzir kod kupnje motora: K_v , odnosno konstanta brzine motora koja je jednaka broju okretaja u minuti po voltu. Drugi faktor je potisak: na ukupnu snagu potiska utječu motori i rotori skupa, a mora biti veći od mase drona sa teretom. Ako npr. dron ima potisak od 4 kg, a ima masu od 4 kg, imati će poteškoća sa uzlijetanjem i letom. Postoje dvije varijante električnih motora. Motori sa četkicama (engl. Brushed motors) se sastoje od kućišta u kojoj je jedna zavojnica koja se vrti oko svoje osi, dok su s vanjske strane fiksni magneti, a uglavnom se koriste kod malih dronova veličine dlana. Motori bez četkica (engl. Brushless motors) rade obratno, s vanjske ili unutarnje strane kućišta se nalaze fiksne zavojnice, a magneti se vrte oko svoje osi. Najčešći brushless motori su „palačinka“ 12 motori, koji imaju veći dijametar i „spljošten“ oblik, čime omogućuju veći okretni moment i manji K_v .



Slika 5. Lijevo motor bez četkica, desno „palačinka“ motor

4.1.3. Propeleri

Propeleri za dronove sa više rotora su bazirani na propelerima koji se koriste u avionima na daljinsko upravljanje. Ne koriste se rotori bazirani na helikopterskim rotorima zato jer kod takvih rotora se mora malinupulirati nagibom rotora, čime se povećava mehanička složenost drona. Većina dronova ima dvije ili tri lopatice rotora, najčešće dvije. Dodavanje lopatica ne znači automatsko povećanje potiska, jer lopatice radom guraju zrak prema dolje, ostavljajući manju gustoću zraka za svaku sljedeću lopaticu, koja prođe kroz istu zonu. Dijametar rotora bitno utječe na dron. Rotori sa malim dijametrom imaju malu inerciju, odnosno lakše ubrzavaju i usporavaju, što je pogodno za akrobatski let. Veći dijametar znači teže ubrzavanje i usporavanje, ali takvi rotori mogu stvoriti veći potisak na okretajima manjim za razliku od rotora sa manjim dijametrom, čime se povećava nosivost drona. Propeleri mogu biti plastični, drveni, ili polimeri ojačani vlaknima. Plastični su najpopularniji radi cijene i prihvatljive izdržljivosti, no i u manjim nesrećama se lako može otkinuti jedan. Drveni su skuplji od plastičnih, ali su čvršći i ne savijaju se. Polimer propeleri su teži za proizvoditi, te su stoga najskuplji, ali u slučaju nesreće teško da će se razbiti ili saviti, odnosno nanijeti će više štete objektu s kojim dođe u kontakt.



Slika 6. Prikaz smjera vrtnje propelera kod kvadkoptera

4.1.4. Kontrolor brzine vrtnje

Kontrolor brzine vrtnje je elektronički sklop koji prenosi motorima koliko se brzo trebaju vrtjeti u kojem trenutku. Za dronove je potrebno onoliko elektroničkih kontrolora brzine koliko ima motora. Kontrolor brzine je osobito važan u slučaju da otkáže jedan od motora.

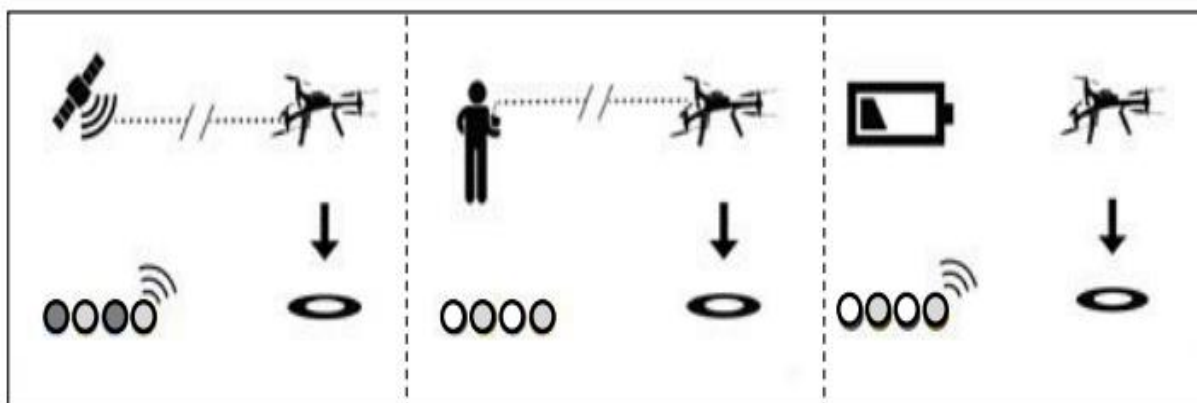
4.1.5. Energetski modul

Energetski modul pretvara napon baterije na veličinu napona koja je potrebna kako bi svi sklopovi besprijekorno funkcionirali.



Slika 7. Energetski modul

Još jedna bitna korist energetskog modula je mogućnost mjerenja napona i kapaciteta baterije. Ova mogućnost je korisna iz razloga što ploča za kontrolu leta putem kontrolnog mehanizma može upozoriti operatera da sleti u slučaju ako je baterija gotovo prazna ili se u tom slučaju letjelica sama automatski vraća na početnu točku uzlijetanja. Većina letjelica u svom sustavu ima integrirano rješenje za automatski povratak na početnu točku uzlijetanja tzv. engl. „fail safe“ funkciju koja uz pomoć dodatnih senzora izbjegava prepreke.



Slika 8. Slikoviti prikaz takozvane „fail safe“ funkcije

4.1.6. Baterije

Većina današnjih baterija su litijske baterije, koje lakše i imaju veći kapacitet u odnosu na Nikal baterije i Olovno-kiselinske baterije. Takve baterije su ujedno i skuplje, te mogu biti opasne ako se oštete(sadrže kobalt). Kapacitet baterije mora odgovarati motorima, a mjeri se Amperima po satu(Ah), čime se može izračunati koliko će dugo trajati let. Prosječan dron u pravilu može letjeti 10 do 20 minuta sa baterijom koja ima 2-3 ampera po satu. Baterija je najteža komponenta drona, te se povećanjem kapaciteta povećava i masa, a najčešće je postavljena u centru drona, kako bi motori mogli jednako dijeliti masu. Baterije se ne montiraju na dronove, jer u slučaju da ju probije vijak, može nastati vatra, nego se najčešće pričvrste uz pomoć čičak trake.



Slika 9. Baterija drona

4.1.7. Ploča za kontrolu leta

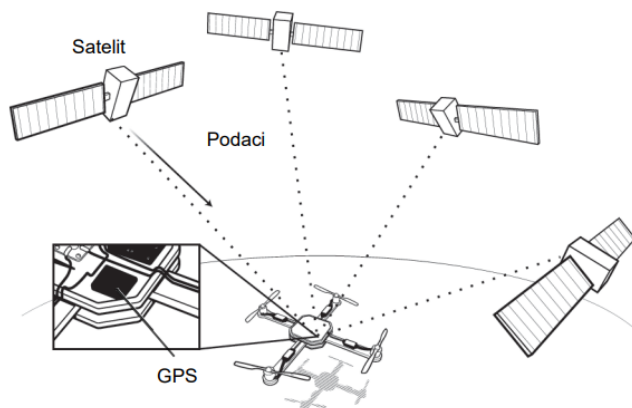
Ploča za kontrolu leta je „mozak“ svakog drona. Ona posjeduje procesor i razne druge senzore kao što su na primjer žiroskop, akcelerometar i kompas koji kontrolira let letjelice. Ploča preko složenih algoritama izračunava i šalje podatke motorima o tome koliko brzo se trebaju rotirati da bi održali stabilnost u zraku. Naprednije ploče imaju ugrađen i GPS prijamnik.



Slika 10. Ploča za kontrolu leta

4.1.8. GPS modul

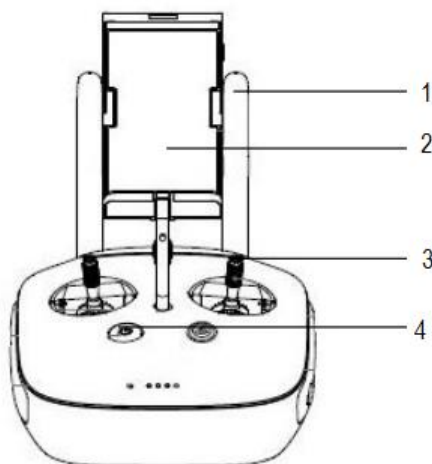
GPS modul određuje poziciju letjelice na način da mjeri koliko dugo treba signalu da doputuje od satelita do prijamnika na letjelici. Sateliti GPS-a emitiraju signale iz svemira koje GPS prijamnik ugrađen na letjelici koristi za prikazivanje njene trodimenzionalne lokacije te daje i informaciju preciznog vremena.



Slika 11. Slikovit prikaz rada GPS modula

4.1.9. Radijski upravljač i prijamnik

Radijski upravljač i prijamnik omogućuju operateru kontrolu nad letjelicom. Operator koristi upravljač za ručno kontroliranje kvadrokoptera na način da se signali izravno šalju kontroloru brzine vrtnje motora putem prijamnika koji se nalazi na letjelici. Upravljač i prijamnik rade na frekvenciji od 2.4GHz.



Slika 12. Radijski upravljač

Glavni dijelovi radijskog upravljača su:

1. Antena
2. Stalak za pametni telefon
3. Palice za kontrolu
4. Prekidač za uključivanje

4.1.10. Telemetrijski modul i zemaljska stanica

Telemetrija nam omogućava daljinsko mjerenje i prijenos informacija pomoću podatkovne veze. Zemaljska stanica predstavlja određeni korisnički software instaliran na nekoj platformi putem kojeg možemo letjelicom upravljati pogledom sa zaslona same platforme.



Slika 13. Smartphone kao zemaljska stanica

4.2. Ostali funkcionalni dijelovi drona

4.2.1. Kamera i stabilizator

Kamere se nalaze na žiroskopskim stabiliziranim nosačima. Stabilizatori služe za stabiliziranje kamere, odnosno njezine snimke. Nosači se sastoje od rame, motora i kontrolora.



Slika 14. Kamera i stabilizator

4.2.2. Senzor za izbjegavanje prepreka

Senzor za izbjegavanje se temelji na principu SONAR tehnologije, odnosno odašilje osam ultrazvučnih valova na frekvenciji od 40 kHz te mjeri vrijeme potrebno do povratka reflektiranih zvučnih signala. Upotrebljava se za izbjegavanje prepreka koje se mogu pojaviti letjelici na putu.

4.2.3. Sigurnosni padobran

Sigurnosni padobran se upotrebljava zbog mogućnosti pada letjelice. To je krajnja sigurnosna mjera kojom se mogu spriječiti nesreće u slučaju fatalnog pada letjelice.



Slika 15. Sigurnosni padobran

5. Simulatori letenja

Ne postoji simulator letenja koji će krajnje vjerno prenijeti iskustvo pilotiranja, no svakako je dobro naučiti letjeti na simulatoru prije nego pokušate letjeti s pravim dronom. Simulator će vam omogućiti da naučite koja komanda na daljinskom služi određenim radnjama te će vam uvelike pomoći da vaši mišići memoriraju pokrete potrebne za izvođenje zračnih vratolomija. Najvažnija osobina simulatora letenja je podržavanje istog onog daljinskog upravljača s kojim letite na vašem dronu kako bi simulacija upravljanja bila čim vjernija.

5.1. VelociDrone simulator

VelociDrone simulator ima izvrsnu fiziku s visokim stupnjem prilagodljivosti. Kroz prilagodbe fizike i podešavanje brzine, lako ćete podesiti Velocidrone da se ponaša ispravno. Za 16 funti se može preuzeti s: <https://www.velocidrone.com>.



Slika 16. VelociDrone simulator

5.2. The Drone Racing League Simulator

The Drone Racing League Simulator je simulacija i igra s FPV pogledom baš kakav imaju i pravi trkači dronovi. Za cijenu od 17 USD se može preuzeti s linka: <http://bit.ly/drlsim>.



Slika 17. The Drone Racing League Simulator

5.3. FPV Air 2

FPV Air 2 je quadcopter, simulator letenja za ozbiljne FPV trkaće pilote koji žele alat za smisleno vježbanje u bilo koje vrijeme. Cijena iznosi 4\$ te se preuzima s: <http://bit.ly/FPVAir2>.



Slika 18. FPV Air 2

5.4. Real Drone Simulator

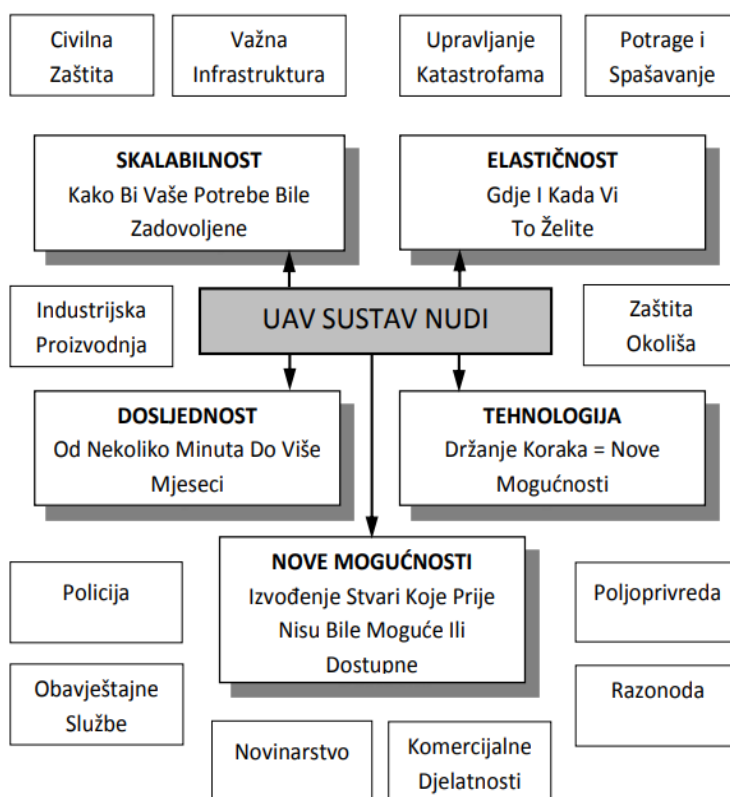
Real Drone Simulator je stvoren za zabavu, no pružit će vam mogućnost učenja letenja dronovima bez opasnosti za okolinu ili vaš dron. Preuzima ga se stranice: <https://www.realdronesimulator.com>.



Slika 19. Real Drone Simulator

6. Primjena

U novije vrijeme bespilotne letjelice se upotrebljavaju kako za vojne tako i za civilne potrebe. Vojnu upotrebu možemo podijeliti na pomorsku, kopnenu i zračnu, dok je civilna upotreba značajna u mnogim područjima kao npr. upravljanju katastrofama, potragom i spašavanjem, geodeziji, poljoprivrednom i industrijskom proizvodnjom, nadzorom policijskog djelovanja, obavještajnim službama, novinarstvom, i tako dalje.



Slika 20. Primjena bespilotnih letjelica

Također, danas je sve češća uporaba bespilotnih letjelica za inspekciju nepristupačnih dijelova industrijskih objekata kao što su na primjer: brane, dalekovodi, mostovi i drugi.

6.1. Vojna primjena

Prvotna primjena bespilotnih letjelica je bila samo u vojne svrhe. Bespilotne letjelice imaju visoku preciznost i lakoću upravljanja te su toga korištene u brojnim sukobima.

6.1.1. Vijetnamski rat

Tijekom Vijetnamskog rata bespilotne letjelice su se opsežno koristile u bitkama, ali samo za izviđačke pothvate. Zrakoplovi su uglavnom u zrak bili ispaljivani iz transportnog zrakoplova C-130 i bili ponovno prikupljeni padobranom. Američki obavještajci su iznijeli podatak da je ukupno korišteno 3435 zrakoplova i dronova, i većina od njih odnosno 2873 (84%) su nakon rata ponovno osposobljeni. Zanimljivo je da je letjelica TOMCAT uspješno izvršila 68 zadataka prije nego što je izgubljena, što govori o učinkovitosti korištenja bespilotnih letjelica u ratu. Na kraju Vijetnamskog rata 1972., letjelice su doživjele uspjeh od 90% u obavljanju zadataka. Unatoč primjeni, bespilotne letjelice nisu imale presudnu ulogu u Vijetnamskom ratu.



Slika 21. Transportni zrakoplov C-130

6.1.2. Rat u Bosni

Operacija Sjevernoatlantskog saveza u Bosni je jedna od brojnih operacija u kojoj su se bespilotne letjelice koristile za prismotru i izviđanje. Bombaški napadi su uspješno izvedeni nakon što je NATO 1995. zračnim napadima demobilizirao bosansko-srpske vojne ustanove. Noćna izviđanja su bila od velike važnosti jer bi se tada izvodile najtajnije operacije. Bespilotna letjelica „Predator“ je najčešće korištena u Bosni.



Slika 22. Bespilotna letjelica Predator

6.1.3. Afganistan

Letjelica Global Hawk je efektivno korištena tokom prve godine rata u Afganistanu. Pioneer, Shadow, Hunter i Pointer tipovi letjelica su najviše korišteni. Marinci su izveli stotine zadataka koristeći Pioneer letjelice tokom bitke za Fallujah kako bi locirale i označile mete, te pratili korak pobunjeničkih sila. Posebno su efektivni bili noću i mogu se smatrati jednim od odlučujućih oružja u bitci.



Slika 23. Беспилотна летјелца Pioneer

6.1.4. Rat u Ukrajini

U ratu u Ukrajini je korišten dron Bayraktar TB2 kojeg razvija i proizvodi turska kompanija "Baykar". Kompanija je osnovana 1984. godine te je postala pravi gigant naoružanja. Prema medijskim izvještajima, samo borbeni dron Bayraktar TB2 je naručen iz 16 zemalja kao što su na primjer: Ukrajina, Azerbejdžan, Maroko, Tunis, Katar, Kirgistan i Turkmenistan. Bayraktar TB2 je dugačak 6,50 metara i ima raspon krila od dvanaest metara. Može ostati u zraku više od 24 sata i ima maksimalnu brzinu od oko 220 kilometara na sat. Ukrajinska vojska ga je vrlo učinkovito koristila u razbijanju ruskih oklopnih vozila, o čemu svjedoče i snimke koje je objavila ukrajinska vlada. Također je korišten dron Tu-141 koji ima dolet od oko 650 milja, a dizajniran je za obavljanje izviđačke misije na dubini od nekoliko stotina kilometara od linija fronte transzvučnim brzinama. Na sebi može nositi niz korisnih tereta, uključujući filmske kamere, infracrvene uređaje za snimanje, EO snimače i radare za snimanje. Dron je bio u sovjetskoj službi od 1979. do 1989., uglavnom na zapadnim granicama Sovjetskog Saveza. Od općih karakteristika duljine je 14,33 metra s rasponom krila od 3,88 metra i visine od 2,44 metra.



Slika 24. Turska bespilotna letjelica Bayraktar TB2



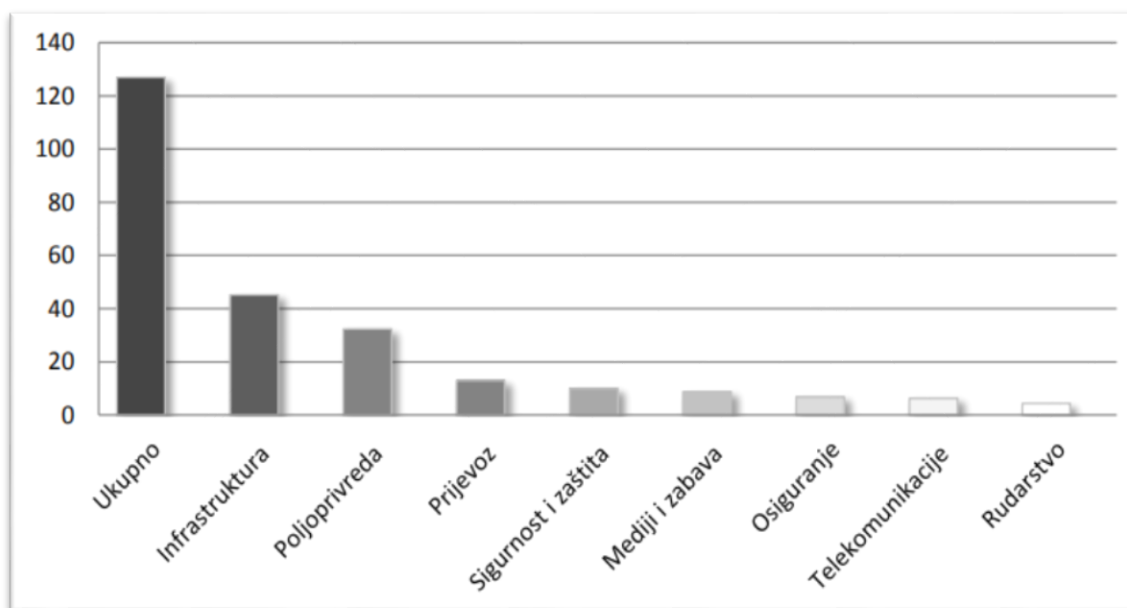
Slika 25. Sovjetska bespilotna letjelica Tu-141

6.2. Civilna primjena

Kako bespilotne letjelice postaju sve manje, jeftinije i jednostavnije za upravljanje, korisnika bespilotnih letjelica je sve više. Federalna uprava za avijaciju u SAD-u, očekuje 1,9 milijuna bespilotnih letjelica u rekreacijske svrhe koje će se koristiti na području SAD-a do kraja 2023.godine .

Kineska kompanija DJI, sa sjedištem u gradu Shenzhen-u, danas se smatra najvećim proizvođačem bespilotnih letjelica za civilnu upotrebu. Prihodi su joj 2014. iznosili oko 500 milijuna dolara, a 2021 iznose oko 21 milijarde.

Uz nju, među poznatijim proizvođačima nalaze se još i francuski Parrot, odnosno njezina švicarska podružnica senseFly, američki 3D Robotics, kanadski Aeryon, švedski CybAero, korejski Gryphon, te kineska kompanija Syma.



Slika 26. Predviđena vrijednost prodaje u milijardama \$

Bespilotne letjelice s kamerama i senzorima pružaju poduzećima diljem svijeta potpunije podatke koji mogu imati važan utjecaj na daljnji razvoj. Na "The Commercial UAV Show" konferenciji u Londonu 2015. godine su dominirala rješenja iz područja poljoprivrede, geodezije, izrade karata i modeliranja, nadzor okoliša, požarišta, i tako dalje.

6.2.1. Primjena u poljoprivredi

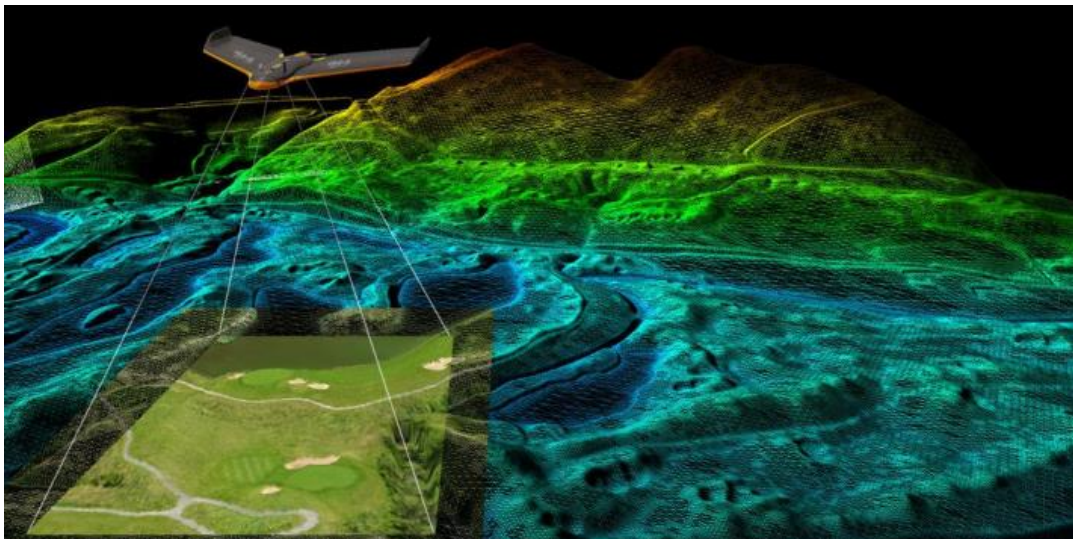
Postoji više primjena bespilotnih letjelica u poljoprivredi i na farmama, ali u biti cijeli koncept se može shvatiti kao integrirani sustav informacija kojim se dugoročno povećava produktivnost i podiže učinkovitost proizvodnje kao i profit, uz minimalne posljedice za okoliš. Zahvaljujući njihovim osobinama bespilotne letjelice su savršen alat za poljoprivrednike za nadzor usjeva, provjeru uvjeta na zemljištu i sl. To je također ekološki održiv način rada kojim se racionalnije koristi voda, upotrebljavaju pesticidi i pametnije koriste teški strojevi.



Slika 27. Korištenje bespilotnih letjelica u poljoprivredi

6.2.2. Upotreba u geodeziji

Jedna od najčešćih primjena bespilotnih letjelica u oblasti geodezije je u fotogrametrijske svrhe, za izradu 3D modela objekata, digitalnog modela terena i digitalnog ortofoto plana. Teško je točno precizirati primjenu bespilotnih letjelica u geodeziji, ali ona koja se najviše ističe je izrada geodetskih podloga koje se mogu upotrijebiti u mnogobrojnim oblastima.



Slika 28. Korištenje bespilotnih letjelica na području geodezije

Zbog potrebne visoke preciznosti bitna je dobra stabilizacija kamere, stoga su one ugrađene na žiroskopski stabiliziranim nosačima.

6.2.3. Praćenje i nadzor okoliša

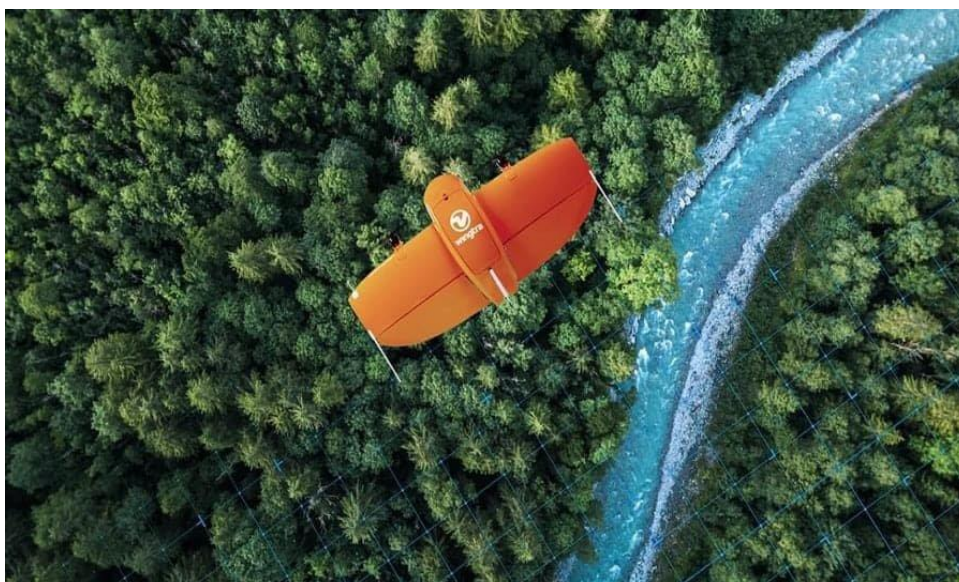
Kod ove vrste posla letjelice se mogu koristiti za praćenje stanja okoliša i šuma, očuvanje prirodnih staništa, procjenu kvalitete zraka, za nadzor, prevenciju i gašenje požara, kontrolu ilegalnih odlagališta i otpadnih voda, radioaktivnog onečišćenja te zapravo praćenje cjelokupnog onečišćenja. One pomažu u odlučivanju i donošenju odluka na temelju kojih se kreće u izvršavanje operacija. Ovakav način snimanja bespilotnim letjelicama u opasnim situacijama može zamijeniti izravno djelovanje čovjeka, ali je i prihvatljiviji zato što je snimanje i prikupljanje podataka klasičnim avionom otežano, zbog velikih financijskih troškova i vremenskih uvjeta koje djeluju kao ograničavajući faktor za takvo prikupljanje podataka.



Slika 29. Korištenje bespilotnih letjelica za praćenje i nadzor okoliša

6.2.4. Potraga i spašavanje

Upotreba bespilotnih letjelica u situacijama nepristupačnog terena ili slabije vidljivosti spasilačkim službama uvelike olakšava posao i smanjiva vrijeme potrage. U ovakvim situacijama dronovi doslovno mogu spasiti živote. Hrvatska Gorska služba spašavanja je izjavila da jedan dron vrijedi kao 30 ljudi u potrazi, što je dovoljno da shvatimo kolika je važnost dronova u potragama.



Slika 30. Korištenje bespilotnih letjelica u potragama

6.2.5. Kontrola i nadzor kritičnih infrastruktura

Kontrola i nadzor nad kritičnim dijelovima infrastrukturnih objekata kao što su dalekovodi, željezničke pruge, cjevovodi ili elektrane mogu se obaviti primjenom bespilotnih letjelica. Ovakva vrsta upotrebe je korisna za uočavanje nepravilnosti te štedi dragocjeno vrijeme prilikom planiranja i smanjenja troškova te smanjenja nesreća na radu.



Slika 31. Korištenje bespilotnih letjelica na kritičnim infrastrukturalama

6.2.6. Sigurnost

Poznata je učinkovitost upotrebe dronova za policijski nadzor, zaštitu državne granice, pomorski nadzor, nadgledanje raznih okupljanja i događaja, kao i ostale slične operacije. Njihova prednost leži u jednostavnosti upotrebe te u mogućnosti zasebnog podešavanja i prilagodbe sukladno potrebama s kojima se korisnik susreće kao što su upotreba termalne i infracrvene kamere, fotoaparati, laserski skeneri i slično.



Slika 32. Korištenje bespilotnih letjelica za sigurnost

6.2.7. Dostava

U državama sa slabom putnom infrastrukturom, namjera je da za početak bespilotne letjelice dostavljaju zalihe krvi i prijeko potrebne lijekove u udaljene klinike. Pošiljke koje su ranije kopnom putovale danima ili tjednima, sada će do pacijenata dolaziti u samo nekoliko sati. Također, bespilotnim letjelicama se mogu prenositi i razni drugi paketi, ali im je trenutačno masa ograničena.



Slika 33. Korištenje bespilotnih letjelica za dostavu

7. Pravna regulativa

Širenjem civilne uporabe bespilotnih letjelica uvidjele su se mnoge opasnosti koje bi se mogle pojaviti. Zabilježene su nezakonite uporabe bespilotnih letjelica diljem svijeta kojima su ugrožavani ljudski životi i koji nisu u skladu s određenim zakonima poput zakona o zaštiti osobnih podataka. Kako bi se ograničila i osigurala uporaba bespilotnih letjelica mnoge države su donijele posebne zakone o toj temi ili su zakoni u izradi.

Na razini EU trenutno važeća regulativa UREDBA (EZ) br. Br. 216/2008 Europskog parlamenta i vijeća, od 20. veljače 2008. godine, o zajedničkim pravilima u području civilnog zrakoplovstva i osnivanju Europske agencije za sigurnost zračnog prometa propisuje da bespilotne letjelice mase iznad 150 kg podliježu istim propisima kao i zrakoplovi kojima 19 upravljaju piloti. Bespilotne letjelice mase ispod 150 kg su u nadležnosti regulative država članica EU (European Aviation Safety, 2015). Samim time različite države su ovu oblast regulirale na različite načine. Zemlje u okruženju su izdale Pravilnike kojima je definiran način kako, tko, gdje, zašto se, te u kakvim uvjetima mogu, odnosno ne mogu koristiti bespilotne letjelice.

Primjerice, u Republici Hrvatskoj je na snazi Pravilnik o sustavima bespilotnih zrakoplova iz 2015. godine, koji je sveobuhvatno definirao pitanja: primjene, klasifikacije bespilotnih zrakoplova kojima se izvode letačke operacije, klasifikacije područja letenja, kategorizacije letačkih operacija, letenja zrakoplovnim modelom, obveznog osiguranja uporabe radio frekvencijskog spektra, označavanju bespilotnog zrakoplova, pravila letenja, izvođenje letačkih operacije i obveze operatora.

8. ZAKLJUČAK

Bilo da se koriste u komercijalne svrhe ili rekreacijski, dronovi privlače milijune korisnika te bi mogli postati industrija vrijedna više milijardi dolara. Vrlo je značajna njihova primjena u opasnim situacijama gdje bespilotne letjelice mogu izravno zamijeniti djelovanje čovjeka. Međutim, veći broj dronova u zračnom prostoru također izaziva brojne nove sigurnosne probleme, od opasnosti i sudara do cyber napada i terorizma. Kako bi se osiguralo sigurno upravljanje bespilotnim letjelicama potrebno je utvrditi jasne pravne okvire, potrebni su njihova sustavna registracija te opsežna edukacija i obuka njihovih rukovoditelja.

LITERATURA

- [1.] <https://www.pwc.be/en/documents/20180518-drone-study.pdf>
- [2.] <https://www.consilium.europa.eu/hr/policies/drones/>
- [3.] <https://zimo.dnevnik.hr/clanak/tupoljev-tu-141-striz-zasto-bespilotna-izvidjacka-krstareca-letjelica-sovjetske-proizvodnje-koristi-padobran---699473.html>
- [4.] https://www.fzt.haw-hamburg.de/pers/Scholz/dglr/hh/text_2014_06_05_-_Multicopters.pdf
- [5.] <https://prezi.com/clqoauagm-1s/copy-of-bespilotne-letjelice/>
- [6.] https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_05_49_974.html
- [7.] <https://gospodarski.hr/rubrike/mehanizacija/iskustva-s-bespilotnim-letjelicama-u-poljoprivrednoj-proizvodnji/#.WbqaGshJbIV>
- [8.] <https://www.businessinsider.com/drone-manufacturers-companies-invest-stocks>
- [9.] <https://www.space.com/30155-nasa-drones-on-mars-video.html>
- [10.] <https://www.reuters.com/article/us-deutsche-post-drones/drone-delivery-dhl-parcelcopter-flies-to-german-isle-idUSKCN0HJ1ED20140924>
- [11.] <https://www.dji.com/hr>
- [12.] https://bib.irb.hr/datoteka/895638.1-Marko_Cindri_programiranje_bespilotnih_letjelica_42176_13R1.pdf
- [13.] https://www.researchgate.net/publication/348929270_Drone_101_A_Must-Have_Guide_For_Any_Drone_Enthusiast
- [14.] <https://repozitorij.vuka.hr/islandora/object/vuka%3A609/datastream/PDF/view>
- [15.] <https://repozitorij.pfst.hr/islandora/object/pfst%3A938/datastream/PDF/view>

PRILOZI

1. Video (CD)