

Primjena dronova u ratovima

Smirčić, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:311810>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-14**



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

Repository / Repozitorij:

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



uniri DIGITALNA
KNJIŽNICA



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

LUKA SMIRČIĆ

PRIMJENA DRONOVA U RATOVIMA

ZAVRŠNI RAD

Rijeka, 2024.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**PRIMJENA DRONOVA U RATOVIMA
APPLICATION OF DRONS IN WARS**

**ZAVRŠNI RAD
BACHELOR THESIS**

Kolegij: Automatizacija broskog pogona

Mentor: doc. dr. sc. Robert Baždarić

Komentor: prof. dr. sc. Vinko Tomas

Student: Luka Smirčić

Studijski smjer: Brodostrojarstvo

JMBAG: 0112072790

Rijeka, svibanj 2024.

Student: Luka Smirčić

Studijski program: Brodostrojarstvo

JMBAG: 0112072790

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom Primjena dronova u ratovima izradio samostalno pod mentorstvom doc. dr. sc. Robert Baždarić te komentorstvom prof. dr. sc. Vinko Tomas.

U radu sam primijenio/la metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio/la literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo/la u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao/la sam i povezo/la s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student/studentica



Luka Smirčić

Student: Luka Smirčić

Studijski program: Brodostrojarstvo

JMBAG: 0112072790

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student



Luka Smirčić

SAŽETAK

U ovom radu biti će opisana primjena dronova u ratovima te njihova uloga i značaj u modernom ratovanju. Tehnologija dronova je u naglom rastu te su potencijali dronova u budućnosti neograničeni. Na samom početku rada prikazani su prvi dronovi i njihov razvoj kroz povijest, a nakon toga klasifikacije dronova. U daljnjem tekstu detaljnije su opisani najznačajniji zračni, kopneni i morski dronovi koji se koriste u ratovima. Nakon toga prikazana je njihova primjena i pojašnjenja kako i na koji način oni pomažu ili će pomoći ljudima u ratovima. Također objašnjeni su njihovi nedostaci.

Ključne riječi: dron, kopneni dron, pomorski dron, primjena, rat, sigurnost.

SUMMARY

This article describes the use of drones in warfare, followed by their role and importance in modern warfare. Drone technology is advancing rapidly and the potential of drones in the future is virtually limitless. At the beginning of the article, the first drones and their historical development are presented, followed by classifications of drones. In the following sections, the most important air, ground and naval drones used in warfare are described in more detail. Their applications and explanations of how and in what way they help or will help people in warfare are given, and their shortcomings are explained.

Keywords: drone, ground drone, naval drone, application, warfare, security.

SADRŽAJ

SAŽETAK.....	1
SUMMARY.....	1
1. UVOD.....	1
2. OBILJEŽJA I DEFINICIJA DRONOVA.....	2
2.1 POVIJEST DRONOVA.....	3
2.2. RAZVOJ I PRIMJENA BESPILOTNIH LETJELICA U 20. STOLJEĆU	7
3. KLASIFIKACIJE BESPILOTNIH LETJELICA	11
3.1 KLASIFIKACIJE PREMA VELIČINI	11
3.2 KLASIFIKACIJA PREMA DOMETU I TRAJANJU LETA	11
3.3 KLASIFIKACIJA PREMA RASPONU KRILA.....	12
3.4 KLASIFIKACIJA PREMA TEŽINI.....	14
3.5 KLASIFIKACIJA PO POLIJETANJU I SLIJETANJU	14
3.6 KLASIFIKACIJA PO NAČINU OSIGURAVANJA UZGONSKE SILE	15
3.7 KLASIFIKACIJA PO NAMJENI	15
3.8 AUTONOMIJA DRONOVA	16
4. PRIMJENA DRONOVA U RATOVIMA.....	18
4.1 PRIKAZ DRONOVA KOJI SE PRIMJENJUJU U RATOVIMA	19
4.1.1 MQ-1 Predator	19
4.1.2 MQ-9 Reaper	21
4.1.3 RQ-4 Global Hawk	23
4.1.4 RQ-170 Sentinel.....	24
4.1.5 Hermes 900	24
4.1.6 Bayraktar TB2	25
4.1.7 PD-100 Black Hornet	27
4.2 DRONOVI ZA VRIJEME DOMOVINSKOG RATA	28
5. KOPNENI DRONOVI U RATOVIMA	29
5.1 DRONOVI ZA PRIJEVOZ.....	31

5.2 DRONOVI ZA POTRAGU I SPAŠAVANJE	31
5.3 DRONOVI ZA RAZMINIRANJE	32
5.4 DRONOVI ZA GAŠENJE POŽARA	32
5.5 DRONOVI ZA NADZOR I IZVIĐANJE	33
5.6 NAORUŽANI DRONOVI	33
5.6.1 Modularni napredni naoružani robotski sustav (MAARS).....	33
5.6.2 DOGO	34
5.6.3 Guardbot	35
6. POMORSKI DRONOVI U RATOVIMA	36
7. NEDOSTATCI DRONOVA	38
8. ZAKLJUČAK.....	39
POPIS SLIKA	43
POPIS TABLICA	44

1. UVOD

Dron se može definirati kao bespilotna zračna letjelica ili zrakoplov bez posade koji koristi aerodinamičke sile za stvaranje uzgona, a razlikuju se prema tome da li se njima upravlja pomoću daljinskog ili je riječ o autonomnim dronovima s unaprijed programiranim planom leta [1].

UAV-ovi (eng. unmanned aerial vehicle - hrv. bespilotna letjelica) su prvobitno razvijeni tijekom dvadesetog stoljeća za vježbe gađanja proturatnih ciljeva, kao platforme za oružje, za razna istraživanja u područjima civilnih i vojnih misija koje su bile opasne za ljude, i do dvadeset prvog stoljeća postali su ključne komponente većine vojnih organizacija [2],[3].

Dronovi se sada koriste i u niz civilnih uloga, uključujući traganje i spašavanje, nadzor, praćenje prometa, praćenje vremena, osobna uporaba, fotografija bazirana na dronovima, snimanje videa, usluge dostave itd. [3]. Veličine bespilotnih letjelica su u rasponu od samo nekoliko milimetara do veličine zrakoplova od 40m raspona [3]. Klasificiraju se prema različitim performansama, a neki od parametara su masa, brzina, raspon krila, maksimalna visina leta [2],[3].

Svrha ovog završnog rada je prikazati primjene dronova u ratovima te njihove prednosti i nedostatke u upotrebi. U radu je prikazana povijest dronova te njihov napredak kroz godine. Prikazane su klasifikacije bespilotnih letjelica i najznačajni dronovi koji se koriste u zraku, na kopnu i u moru.

U drugom poglavlju rada nastavljamo s povijesnim razvojem dronova, te njihovim osnovnim značajkama. Trećim poglavljem prikazujemo klasifikaciju bespilotnih letjelica, a po tome kroz poglavlja četiri do šest donosimo raspravu o ratnim letjelicama te njihovoj primjeni u različite svrhe. U sedmom poglavlju osvrćemo se na nedostatke dronova, a u osmom donosimo kratki zaključak prezentirane teme.

2. OBILJEŽJA I DEFINICIJA DRONOVA

Bespilotna letjelica je vrlo širok pojam jer može obuhvaćati sve, od igrački helikoptera do vojnih vozila visokih performansi. S razvojem tehnologije dronovi su sve više popularniji među tvrtkama i entuzijastima zahvaljujući njihovim brojnim namjenama [4].

Izgledaju poput letjelica kao što su helikopteri i avioni poput MQ-8 Fire Scout američke bespilotne letjelice namijenjene za zračnu potporu i izviđanje te Sukhoi S-70 Okhotnik-B ruske bespilotne borbene zračne letjelice [6],[7].



Slika 1. Primjeri bespilotnih letjelica

1935. godine u Velikoj Britaniji se prvi put pojavljuje riječ “drone”. Zrakoplov DH-82 Tiger Moth ili Queen Bee letio je lagano proizvodeći zvuk sličan zujanju kukca, prevedeno truta, po čemu i danas letjelice bez pilota zovemo dronovima [8].

U prošlosti su povezivani sa vojskom, a danas se koriste za spašavanje i pretraživanje, nadzor, u poljoprivredi za usjeve, u biologiji lete na nesigurna područja kako bi uzimali uzorke kvalitete vode ili zraka, te provjeravali prisutnost mikroorganizama i atmosferskih elemenata. Vatrogasci ih koriste za gašenje požara i kako bi utvrdili brzinu

širenja požara, televizijske kuće ih koriste za snimanje sportskih događaja, redatelji za snimanje scena u filmovima, tvrtke ih koriste za dostavu robe i hrane [3].



Slika 2. Prikaz komercijalnog drona DJI Phantom i vatrogasnog drona Yuneec H520

2.1 POVIJEST DRONOVA

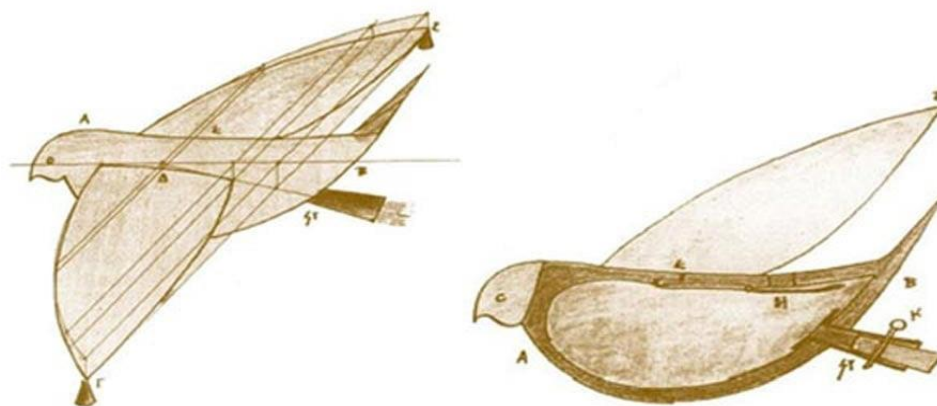
Oko 400. godina prije Krista otkriće zmaja koji je letio zrakom kod Kineza je potaknulo ljude na razmišljanje o letenju [9]. Čovjek nikada nije samostalno uspio letjeti pa je izumio letjelice u kojima se može letjeti. Iz godine u godinu tehnologija se sve više razvijala kao i kvaliteta letjelica u kategorijama poput brzine leta, sigurnosti, maksimalne visine leta i maksimalne nosivosti [1].

Pojam dron koristi se još od ranih dana avijacije i primjenjivan je za daljinski upravljane ciljne zrakoplove korištene pri vježbanju gađanja topova bojnih brodova [1].

Počeci bespilotnih letjelica

Prva naprava koja je izgledala kao bespilotna letjelica se pojavila još sredinom 4. stoljeća prije Krista. To je bila drvena ptica na parni pogon poznatija kao Golub, a izradio ju je drevni grčki filozof Arhit koji je bio matematičar i astronom [10],[11].

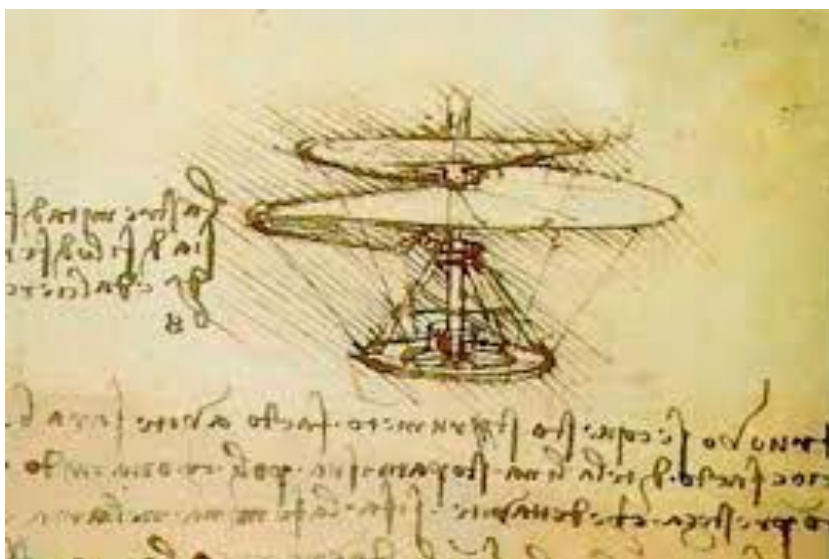
Golub je bio šupalj i cilindrična oblika sa po dva para krila koja su bila veća na bokovima, a manja pri repu. Prednji dio mu je bio šiljast poput kljuna ptice. U šupljem trupu je bio priključena na izvor vrućeg zraka ili stapnu pumpu, a poletio bi na udaljenost do oko 200 metara [10].



Slika 3. Golub primjer prve bespilotne letjelice

Jedan od najpoznatijih Leonardovih crteža je zračni vijak iz 1485. godine koji se razlikuje od ostalih strojeva jer je planiran kao studija propelera, a ne kao pravi leteći stroj. Zračni vijak nije prvi povijesni primjer uređaja dizajniranog da omogući ljudima letenje, ali je značajan jer ne uključuje nikakve pticama slične značajke, koje su često videne u ranim dizajnima letjelica [12],[13].

Imao je promjer od oko 15 stopa i trebao je biti izrađen od platna, trske i žice. Letjelica zapravo nikada nije bila stvorena. To je bio dizajn koji je stvorio kako bi pokazao da bi čovjek mogao letjeti. Zato ga neki stručnjaci smatraju pretečom helikoptera [12],[13].



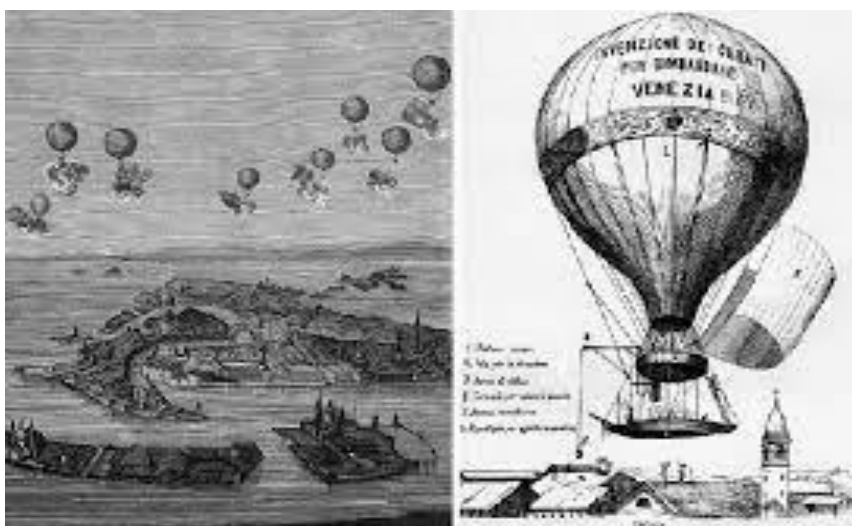
Slika 4. Skica zračnog vijka

Braća Montgolfier bili su izumitelji prvog balona na vrući zrak. Koristili su upuhavanje dima odnosno vrućeg zraka u svilenu vrećicu. Balon je bio pričvršćen na košaru. Vrući zrak bi se zatim uzdizao i omogućavao balonu da bude lakši od zraka. Prvi uspješan let s ljudskim putnicima dogodio se 21. studenog 1783. godine [9].

Prva zabilježena upotreba bespilotne zračne letjelice vezane u vojne svrhe dogodila se od strane Austrijske vojske u vrijeme opsade Venecije u srpnju 1849. godine s balonom nosačem [14].



Slika 5. Balon na vrući zrak braće Montgolfier



Slika 6. Prikaz bombardiranja Venecije i zračnog broda sa grbom Kraljevine Hrvatske

To je bio papirnati balon promjera 6m sa bombom od 25 kilograma s vremenskim upaljačem tempiranim da otpusti bombu nad ciljevima u gradu. Bomba je izrađena od lijevanog željeza, dok joj je unutrašnjost ispunjena barutom. Prvi napad dogodio se 22. kolovoza 1849. kada su veliki baloni pušteni s kopna i s brodova koji su bili na sidru. Po

Austrijsku vojsku napad nije bio uspješan. Pustili su oko 200 balona, a neki od njih su se zbog promjene vjetra vratili nazad sa neiskorištenim bombama [1],[14].

U Veneciji su se pojavile priče o izumu Hrvata kojim će je razoriti iz zračnih visina. U Trevisu se čuva bakrorez s nacrtom zračnog broda, koji je opremljen jedrom i mehanizmom za izbacivanje bombi, a na crtežu na kupoli balona istaknut je grb Kraljevine Hrvatske i veliki natpis “Izum Hrvata za bombardiranje Venecije” [14].

2.2. RAZVOJ I PRIMJENA BESPILOTNIH LETJELICA U 20. STOLJEĆU

Razvoj bespilotnih letjelica započeo je početkom 20. stoljeća i bio je fokusiran na pružanje vojnih ciljeva. Prvi od njih je Fairey Queen iz 1920-ih i de Havilland Queen Bee iz 1930-ih koji su korišteni za protuzračnu obranu [1].



Slika 7. Prikaz Fairey Quenn-a

Kettering Bug je bila eksperimentalna bespilotna letjelica razvijena tijekom Prvog svjetskog rata osmišljena kao bespilotni torpeda. Bio je dvokrilac koji je nosio bombe i

letio unaprijed postavljenom rutom sposoban udariti ciljeve na tlu udaljene do 120 kilometra od mjesta lansiranja, pri brzini od 80 kilometara na sat [15],[16].

Jednom kada je autopilot bio postavljen, zrakoplov je bio samostalan. Dizajn Kettering Buga bio je preteča današnjih raketa [15],[16].



Slika 8. Kettering Bug

Max Boucher podigao je od zemlje prvi bespilotni zrakoplov Voisin 150 HP u srpnju 1917. godine. 150 metara zaleta bilo je dovoljno da se zrakoplov bez pilota dignu na visinu od 50 metara. Nakon 500 metara leta se samostalno spustio na zemlju [8].

Tijekom Prvog svjetskog rata kompanija Dayton-Wright Airplane je izumila bespilotni zračni torpedo koji bi eksplodirao u unaprijed određeno vrijeme, a Reginald Denni je razvio prvo daljinsko upravljanju letjelicu 1935. [17]. Ryan Firebee je bio jedan od prvih mlaznih pogonskih letjelica nastao 1951. godine. I dalje je jedan od najčešće korištenih bespilotnih letjelica koji se koristi za gađanje meta [17].



Slika 9. Ryan Firebee

Tijekom rata na Bliskom istoku (1967-1970) izraelska obavještajna služba prvi put je testirala taktičke UAV-ove opremljene kamerama koji su uspješno vraćali fotografije. 1973. godine Izrael je koristio UAV-ove kao mamac za protuzračne rakete, a kao rezultat toga razvili su prvi UAV s nadzornom mogućnošću slike i smetnji za radar [17].



Slika 10. Dron Kargu 2

Sa sazrijevanjem i primjenjivanjem tehnologije tijekom 1980-ih i 1990-ih, UAV-ovi su pokazali mogućnost jeftinijih i sposobnijih borbenih strojeva koji se mogu koristiti bez rizika za posadu zrakoplova. Početne verzije su uključivale izviđačke zrakoplove, a neki su nosili i naoružanje. Do 2013. godine najmanje 50 zemalja je koristilo UAV-ove, a Turska, Pakistan, Izrael, Iran, Kina su dizajnirali i izgradili vlastite varijante. Godine 2020. u Libiji zabilježeno je prvo praćenje i napad drona Kargu 2 na čovjeka [17].

3. KLASIFIKACIJE BESPILOTNIH LETJELICA

UAV se može klasificirati kao i svaka druga letjelica, prema veličini, maksimalnoj težini prilikom polijetanja, maksimalnoj visini letenja, brzini, dometu i trajanju leta, rasponu krila, namjeni, konstrukciji i vrsti pogona. Dronovi se također mogu klasificirati prema stupnju autonomije u njihovim letačkim operacijama poput dronova koji su daljinski upravljani ili potpuno autonomne dronove. Po vrstama namjene dijelimo ih na civilne i vojne, a civilne na komercijalne i nekomercijalne [1].

3.1 KLASIFIKACIJE PREMA VELIČINI

Veličina	Mali	Srednji	Veliki	Veći	Najveći
Maksimalna težina prilikom polijetanja (kg)	do 9.1	između 9.1 i 24.94	između 24.94 i 598.74	do 600	do 600
Visina letenja (m)	do 370	do 1100	do 5500	do 5500	do 5500
Brzina (km/h)	do 190	do 460	do 460	bilo koja brzina	bilo koja brzina

Tablica 1. Klasifikacije prema veličini

3.2 KLASIFIKACIJA PREMA DOMETU I TRAJANJU LETA

Kategorija	Jako mali domet	Mali domet	Kratki domet	Srednji domet	Veliki domet
RASPON (km)	manji od 5	od 5 do 50	od 50 do 150	od 150 do 650	veći od 650
IZDRŽLJIVOST (hr)	0-5 – 0.75	1 – 6	8 – 12	12 – 36 ili 48	veći od 36 ili 48

Tablica 2. Klasifikacije prema dometu i trajanju leta

3.3 KLASIFIKACIJA PREMA RASPONU KRILA

Primjeri jako malih UAV-ova su izraelski IAI Malat Mosquito, američka Aurora Flight Sciences Skate, australski Cyber Technology CyberQuad Mini i njihov najnoviji model, CyberQuad Maxi [1].

Većina modela u ovoj kategoriji temelje se na modelu s fiksnim krilima, a većina se ručno pokreće bacanjem u zrak. Primjeri članova ove klase malih UAV-ova su: RQ-11 Raven, US Aero Vironment, Turski Bayraktar, Američki vojni RQ-7 Shadow, RS-16 tvrtke American Aerospace koji je UAV između malog i srednjeg [1].

Kategorija	Jako mali	Mali	Srednji	Veliki
Raspon krila	Do 50cm	Između 50cm i 2m	5 – 10m	Veći od 10m

Tablica 3. Klasifikacije prema rasponu krila

Srednja klasa UAV-ova odnosi se na UAV-ove koji su preteški da bi ih jedna osoba mogla nositi, ali su i dalje manji od laganih zrakoplova. Obično imaju raspon krila od oko 5-10 m i mogu nositi terete od 100 do 200 kg. Primjeri srednjih fiksnokrilih UAV-ova su izraelsko-američki Hunter i britanski Watchkeeper. Postoje i druge marke korištene u prošlosti, poput američkog Boeing Eagle Eye, RQ-2 Pioneer, BAE Systems Skyeye R4E i RQ-5A Hunter. Hunter ima raspon krila od 10,2 m i dugačak je 6,9 m. Teži oko 885 kg pri uzlijetanju. RS-20 američke tvrtke American Aerospace također je primjer preklopnog UAV-a koji se proteže kroz specifikacije malog i srednje velikog UAV-a. Također postoje brojni rotacijski srednji UAV-ovi [1].

Velika klasa UAV-ova odnosi se na velike UAV-ove koji se uglavnom koriste za borbene operacije od strane vojske. Primjeri ovih velikih UAV-ova su američki General Atomics Predator A i B te američki Northrop Grumman Global Hawk [18].



Slika 11. Prikaz jako malih, malih, srednjih i velikih bespilotnih letjelica

Prednosti manjih dronova bez posade naspram velikih je to što su manji pa ih je teže uočiti na nebu, jeftiniji su i ono najbitnije u slučaju obaranja nema opasnosti za pilota jer on dronom upravlja u sigurnoj zoni [1].

3.4 KLASIFIKACIJA PREMA TEŽINI

Kategorija	Nano	Mikro zračna vozila	Miniaturni uav	Srednji uavs	Veliki uavs
Težina	Do 250g	Između 250g i 2kg	Između 2 i 25kg	Između 25 i 150kg	Više od 150kg

Tablica 4. Klasifikacija prema težini

3.5 KLASIFIKACIJA PO POLIJETANJU I SLIJETANJU

Klasifikaciju po slijetanju možemo podijeliti na:

- dronovi sa horizontalnim polijetanjem i slijetanjem – smatraju se dronovi sa proširenim krilima koji imaju visoku krstareću brzinu i glatko slijetanje
- dronovi sa vertikalnim polijetanjem i slijetanjem – dronovi koji su stručni za vertikalno letenje, slijetanje i lebdenje, ali su ograničeni krstarećom brzinom zbog usporavanja povlačenja propelera [18]

3.6 KLASIFIKACIJA PO NAČINU OSIGURAVANJA UZGONSKE SILE

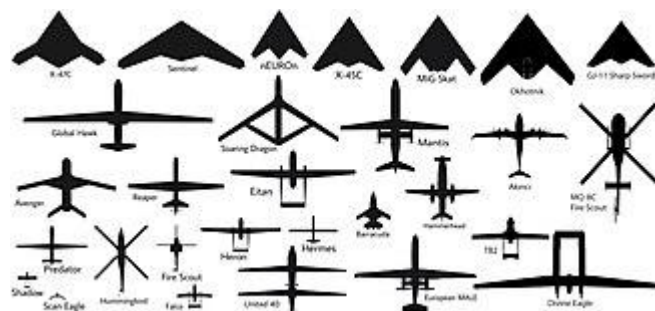
Klasifikaciju po načinu osiguravanja uzgonske sile možemo podijeliti na:

- aerodini – letjelice koje su teže od zraka pa silu uzgona osiguravaju krilima
- aerostati – letjelice koje su lakše od zraka pa su punjene plinovima poput toplog zraka, vodika ili helija [19]

3.7 KLASIFIKACIJA PO NAMJENI

Bespilotne letjelice mogu se klasificirati prema njihovoj vlastitoj namjeni:

- borbena uporaba – izvršenje napada na ciljeve za letjelice u kojima je posada
- izviđanje – nadzor granice i nadzor te špijunaža neprijateljskog teritorija
- mamci i mete – simuliranje projektila ili neprijateljski letjelica pri izvođenju vježba manevriranja i gađanja
- istraživanje i razvoj – pristup opasnim i teško dostupnim područjima
- logistika – dostava različite vrste tereta



Slika 12. Primjeri različitih oblika bespilotnih letjelica

3.8 AUTONOMIJA DRONOVA

Svi dronovi imaju neku razinu autonomije, a to su pravila koja će pomoći u slučaju situacija za koje nismo predvidjeli. Odjel za obranu SAD-a ima četiri razine autonomije. Prvom razinom upravlja samo čovjek bez sustava za autonomnu kontrolu. Drugom razinom isto upravlja čovjek koji izdaje naredbe koje dron izvršava bez ljudske pomoći. Trećom razinom čovjek samo nadgledava, odnosno sustav ispunjava zadatke koji je dobio od strane čovjeka pri čemu osoba koja nadgledava ili sustav mogu pokrenuti akciju u ovisnosti o primljenoj informaciji. Akcije su ograničene specifičnim zadatkom. Četvrta razina autonomije je potpuna autonomija gdje sustav prima naredbe koje sprovodi u zadatke bez ljudske pomoći, ali u slučaju problema čovjek uvijek može reagirati i pomoći [1].

Sustav bespilotnih letjelica uključuje bespilotnu letjelicu, kontrolni centar iz kojeg se upravlja bespilotnom letjelicom te sustav za održavanje komunikacije između bespilotne letjelice i kontrolnog centra. Automatska kontrola sustava omogućuje potpuno automatiziran kontrolni sustav što omogućuje dronu da samostalno izvrši zadatak na temelju unaprijed programiranih putanja. Kod daljinskog upravljanja operateri ručno upravlja dronovima uz pomoć radiosignala pri čemu pilot iz kontrolne stanice sa sigurne i udaljene lokacije vrši naredbe za kretanje uz pomoć daljinskog upravljača. Hibridni sustav kombinira automatsku kontrolu sa daljinskim upravljanjem [1].

Neki UAV-ovi nude srednji stupanj autonomije kojim se vozilo može daljinski upravljati, ali ima autonomni unaprijed namješten povratak u bazu. Let UAV-ova može se obavljati pod daljinskim upravljanjem od strane ljudskog operatera, kao daljinski upravljani zrakoplovi ili s različitim stupnjevima autonomije uz pomoć autopilota, sve do potpuno autonomnih zrakoplova koji nemaju mogućnost ljudske intervencije [1].

Razina autonomije kod dronova varira, a proizvođači ugrađuju specifične autonomne operacije. Neke od njih su održavanja visine koristeći podatke sa GPS-a, održavanje stabilnog smjera okretanja i visine uz pomoć inercijalnih senzora, automatska

kontrola okretanja pri horizontalnom kretanju, polijetanje i slijetanje korištenjem različitih senzora i sustava drona, zaštita od kvara kojom dron automatski slijeće ili se vraća u bazu nakon signala kontrole, izbjegavanje sudara itd. [1].



Slika 13. Prikaz kontrolnog sustava drona

4. PRIMJENA DRONOVA U RATOVIMA

Vojska ima dugu i kontinuiranu povijest korištenja dronova u mnogim zemljama. Primjena dronova u ratovima utječe na moderno vojno djelovanje, donoseći nove taktičke i tehnološke mogućnosti. Беспilotne letjelice, dronovi ili daljinski upravljane letjelice, igraju različite uloge u vojnim operacijama i mijenjaju dinamiku suvremenih konflikata, a njihov utjecaj će biti puno veći nego što možemo zamisliti [20].

Dronovi se često koriste za izviđanje neprijateljskog teritorija, prikupljanje obavještajnih podataka, identifikaciju ciljeva, praćenje neprijateljskih aktivnosti, procjenu i brzu reakciju ili svo potrebno vrijeme za osiguranje određene akcije. Oni omogućuju vojnim snagama u realnom vremenu informacije o terenu i protivniku bez izlaganja vlastitih trupa opasnostima [20].

Naoružani dronovi omogućuju vojnim snagama da izvode precizne napade na ciljeve na tlu. Беспilotni zračni sustavi danas su najprecizniji način primjene sile na način koji smanjuje kolateralnu štetu i minimizira žrtve. Oni mogu biti opremljeni raketama, bombama ili drugim projektilima i mogu ciljati specifične mete s visokom preciznošću [20].

Dronovi se koriste za otkrivanje, praćenje i neutralizaciju protivničkih zračnih prijetnji. Oni pomažu u osiguravanju zračne nadmoćnosti i štite vlastite letjelice od protivničkih napada. Imaju potencijal pojačati učinkovitost sposobnih zrakoplova tako da nadopunjuju njihove senzorske i udaračke sposobnosti [20].

Dronovi mogu provjeravati potencijalno opasna područja prije nego što trupe uđu u njih. Također mogu pružiti taktičku podršku trupama na tlu pružajući informacije o neprijateljskim položajima i aktivnostima [20].

Dronovi se koriste za dostavu opreme, medicinske pomoći i potrepština trupama na teško dostupnim ili opasnim područjima. To pomaže održavanju operativne sposobnosti vojnih snaga [20].

Koriste se za izvođenje elektroničkog ratovanja, uključujući ometanje neprijateljskih komunikacija i radara [20].

Dronovi su postali ključni element modernih vojnih strategija, pružajući vojnim snagama prednosti u izviđanju, preciznom napadanju i sigurnosti trupa. Međutim, istodobno su izazvali i pitanja vezana uz etiku, prava i rizike civilnih žrtava u korištenju ove tehnologije u ratovima [20].

4.1 PRIKAZ DRONOVA KOJI SE PRIMJENJUJU U RATOVIMA

Borbeni dronovi su bespilotna zračna vozila koja mogu biti različitih veličina i oblika, ovisno o namjeni i tehnologijama koje koriste. Najčešće se koriste za prikupljanje obavještajnih podataka, nadzor, akviziciju ciljeva, izviđanje, te nose zračno naoružanje kao što su rakete, ATGM ili bombe na krutim točkama za napade dronovima [22].

Ovi dronovi obično su pod kontrolom ljudi u stvarnom vremenu, s različitim razinama autonomije. Za razliku od bespilotnih zračnih vozila za nadzor i izviđanje, UCAV-ovi (eng. unmanned combat aerial vehicle - hrv. bespilotna borbeno zračna letjelica) se koriste i za napade dronovima i za obavještajne svrhe na bojištu [22].

Dronovi su manjih dimenzija i imaju manju težinu u odnosu na zrakoplove u kojima se nalazi pilot, a dronom upravlja operater s daljinskog terminala [22].

4.1.1 MQ-1 Predator

MQ-1 Predator je američki upravljani zrakoplov srednje visine i velike izdržljivosti namijenjen izviđanju i napadima na ciljeve pomoću dva Hellfire projektila koji je postao

glavno oružje u razdoblju proturatnog ratovanja koje su Sjedinjene Američke Države vodile u Afganistanu i Iraku [22],[23],[24].

Središnja obavještajna agencija i Pentagon počeli su eksperimentirati s bespilotnim izviđačkim letjelicama početkom 1980-ih godina. Središnja obavještajna agencija je preferirala lagane, male i neprimjetne dronove. Firma Abrahama Karema, koji je bio bivši glavni konstruktor Izraelskih zračnih snaga doselio se u Sjedinjene Američke Države krajem 1970-ih. Karemovu tvrtku su preuzeli obrambeni izvođači u Sjedinjenim Američkim Državama, od kojih je Središnja obavještajna agencija tajno kupila pet dronova, a Karemu je pristao proizvesti tiho motorno vozilo, koje je kasnije nazvano Predator [22].

Napravljen početkom 1990-ih za zadaće zračnog izviđanja i promatranja, Predator nosi kamere, a sustav se sastoji od četiri zrakoplova sa sensorima, kontrolnom stanicom sa zemlje i primarnim komunikacijskim sklopom putem satelitske veze, a simbolički status bespilotnih letjelica samo se povećao kad je Predator modificiran i nadograđen kako bi nosio i ispaljivao dvije Hellfire rakete [22],[23].

Letjelica je uvedena u službu 1995. godine i bila je glavna daljinski upravljana letjelica korištena za ofenzivne operacije od strane zračnih snaga Sjedinjenim Američkim Državama u Afganistanu i plemenskim područjima Pakistana, a također je i sudjelovala u borbi tijekom NATO intervencije u Bosni, NATO bombardiranju Jugoslavije 1999. godine, ratu u Iraku, Jemenu, libijskom građanskom ratu 2011. godine, intervenciji u Siriji 2014. godine i Somaliji [23].

Predatori su bili upravljani od strane kombiniranog tima vojske, mornarice, zračnih snaga i mornaričke pješadije koji je upravljao zajedničkim uredom za programiranje bespilotnih letjelica [23].

Na početku američke vojne kampanje u Afganistanu 2001. godine, Američke zračne snage su izgubile oko 20 Predator-a, a većinu zbog loših operativnih postupaka. Kao odgovor na gubitke uzrokovane hladnim vremenskim uvjetima, nekoliko kasnijih Predator-a je opremljeno sustavima za odleđivanje, zajedno s poboljšanim turbo punjenim

motorom i unaprijeđenom avionikom. Ova unaprijeđena "Block 1" verzija nazvana je "RQ-1B", ili "MQ-1B" ako nosi naoružanje [23].

Godine 2002. godine, USAF je službeno promijenio oznaku u MQ-1 kako bi odražavao njegovo sve veće korištenje kao naoružani zrakoplov [23].

Zračne snage Sjedinjenih Američkih Država su povukle Predatora iz upotrebe 2018. godine, zamijenivši ga s Reaperom [23].



Slika 14. MQ-1 Predator

4.1.2 MQ-9 Reaper

MQ-9 Reaper, ponekad nazivan i Predator B ujedno i nasljednik MQ-1 Predatora je bespilotna letjelica sposobna za daljinsko upravljane ili autonomne letačke operacije, specifično osmišljen kao lovac ubojica proizveden prvenstveno za potrebe ratnog zrakoplovstva Sjedinjenih Američkih Država [22],[24].

Ima veći doseg od svog prethodnika i može nositi veću količinu municije [25].

MQ-9 je prva lovno-ubilačka bespilotna letjelica dizajnirana za dugotrajno nadziranje visine. MQ-9 može se upravljati sustavima sa zemlje, a letjelicu prate i njome upravljaju članovi posade u središnjoj kontroli zračnih operacija, uključujući i uporabu oružja. Reaper se također koristi od strane carinske i granične zaštite SAD-a te vojski nekoliko drugih zemalja [25].



Slika 15. MQ-9 Reaper

4.1.3 RQ-4 Global Hawk

RQ-4 Global Hawk je zrakoplov za visoku visinu s daljinskim upravljanjem za nadzor, koji je uveden 2001. godine. RQ-4 omogućuje široki pregled i sustavni nadzor koristeći sintetički otvor radara visoke razlučivosti i elektro-optičke infracrvene senzore s dugim vremenom zadržavanja nad ciljnim područjima. Superiorne mogućnosti nadzora omogućuju preciznije ciljanje oružja i bolju zaštitu prijateljskih snaga [26].

Koristi se za dugotrajni let koji pokriva spektar sposobnosti prikupljanja obavještajnih podataka, a može nadzirati površinu do 40,000 četvornih milja terena dnevno što je površina veličine Južne Koreje ili Islanda. Izvanredne sposobnosti nadzora letjelice omogućuju preciznije ciljanje oružja i bolju zaštitu vlastitih snaga [26].



Slika 16. RQ-4 Global Hawk

4.1.4 RQ-170 Sentinel

RQ-170 Sentinel je tajanstvena američka bespilotna letjelica o kojoj se ne zna puno detalja o sposobnostima ili dizajnu, a analitičari obrane vjeruju da se radi o nevidljivom zrakoplovu koji je opremljen sa opremom za izviđanje [27].

Uveden 2007. godine, razmješten je u Afganistanu krajem 2007. godine, a u Južnoj Koreji dvije godine kasnije 2009. godine. Neki detalji i slike letjelice su objavljeni nakon što je srušen u Iranu 2011. godine, gdje se u javnosti otkrilo postojanje ovog drona [27].



Slika 17. RQ-170 Sentinel

4.1.5 Hermes 900

Hermes 900 je izraelska bespilotna letjelica srednje veličine, namijenjena za izviđanje, mogućnost pružanja komunikacije, vojne operacije te nadzor i granice [28].

Osmišljen je za taktičke misije i ima veliku izdržljivost. Nasljednik je serije dronova Hermes 450, jednog od najčešće korištenih vojnih dronova na svijetu [28].

Ima izdržljivost od preko 30 sati, te može letjeti na maksimalnoj visini od 9,100 metara, s glavnom misijom izviđanja, nadzora i prenošenja komunikacija. Hermes 900 ima raspon krila od 15 metara i težinu od 970 kg, s kapacitetom tereta od 300 kg [28].

Mogućnosti tereta uključuju sintetički otvor radara, elektro-optičke infracrvene senzore i indikaciju premještanja ciljeva na tlu, komunikaciju i elektroničku obavještajnu djelatnost, elektroničko ratovanje i hiper-spektralne senzore [29].



Slika 18. Hermes 900

4.1.6 Bayraktar TB2

Bayraktar TB2 je bespilotna borbena letjelica srednje visine dugog dometa sposobna za daljinsko upravljane ili autonomne letove, prvenstveno za turske oružane snage. Ovaj dron koristi se za izviđanje, ciljanje i nadzor. Letjelicu kontrolira posada u kontrolnoj stanici što uključuje i upotrebu oružja [29].

Veliku ulogu ima za ukrajinske snage tijekom ruskih napada na Ukrajinu 2022. godine. Ukrajinske oružane snage su koristile Bayraktara za provođenje nadzora, prikupljanje obavještajnih podataka i izvođenje preciznih zračnih udara protiv ciljeva proruskih separatista, pa je tako omogućio ukrajinskim snagama identifikaciju položaja neprijatelja, otkrivanje kretanja trupa i unaprijed sprečavanje mogućih napada [29],[30].

Stvarni vremenski video prijenos i sposobnost praćenja ciljeva značajno su povećali situacijsku svijest i operativne sposobnosti ukrajinskog vojnog osoblja. Njegova sposobnost da dugo ostane u zraku i obavlja misije u nepovoljnim vremenskim uvjetima bila je ključna za pružanje zračne podrške kopnenim snagama [30].

Uvođenje Bayraktar TB2 u Ukrajini duboko je utjecalo na sukob. Njegove sposobnosti preciznog ciljanja omogućile su ukrajinskim snagama neutralizaciju visokovrijednih ciljeva, uključujući neprijateljske tenkove, oklopna vozila i sisteme protuzračne obrane. Sposobnost drona za udare na velike udaljenosti učinkovito je poremetila Ruske opskrbne linije i infrastrukturu zapovjedno-kontrolnog sustava [30].

Unatoč svim uspjesima Bayraktar TB2 ima i svoje nedostatke. Jedan od glavnih nedostataka je njegova ranjivost na sustave protuzračne obrane neprijatelja [30].

Bayraktar se oslanja na komunikaciju u videokrugu s kontrolnim postajama na tlu, što nosi rizik od presretanja ili prekida. Ovisnost Bayraktara o komunikaciji putem satelita za operacije izvan vidokruga može biti pogođena nepovoljnim vremenskim uvjetima ili mjerama elektroničkog ratovanja [30].

Iako se dron Bayraktar pokazao jako učinkovitim, njegova ograničenja moraju se uzeti u obzir, jer priroda ratovanja zahtijeva neprestano poboljšavanje kako bi se suprotstavili novim prijetnjama i ranjivostima [30].

U budućnosti će učinkovitost Bayraktar TB2 ovisiti o njegovoj prilagodljivosti, otpornosti na protumjere i sposobnosti da se suoči s novim izazovima [30].



Slika 19. Bayraktar TB2

4.1.7 PD-100 Black Hornet

Black Hornet je razmješten u Afganistanu kako bi zadovoljio zahtjeve za nadzor britanskih oružanih snaga. To je aerodinamički oblik nano UAV-a koji pruža otpornost na olujne vjetrove [31].

Mali dron ima tri nadzorne kamere skrivene unutar nosa. Ima duljinu od otprilike 100 mm i raspon rotora od 120 mm. Težak je 16 g, a ukupna težina sustava bez zaslona manja je od 1 kg [31].

Black Hornet je dizajniran za jednostavan prijevoz i cijeli sustav stane u džep vojnika. Dimenzije Black Horneta omogućuju operatoru da ga koristi u prometnim i opasnim područjima. Letjelica gotovo da ne proizvodi buku, što ju čini prikrivenijom i ponovno upotrebljivom [31].

Dron se može upravljati izravno ili se može programirati da prođe predefinirane putanje koristeći GPS sustav instaliran unutar drona [31].



Slika 20. Black Hornet

4.2 DRONOVI ZA VRIJEME DOMOVINSKOG RATA

Za prikupljanje informacija iznad neprijateljskog teritorija početkom Domovinskoga rata razvijene su bespilotne letjelice MAH 01 i MAH 02, a u operaciji Oluja 1995. hrvatska vojska koristila je bespilotnu letjelicu M-99 Bojnik, domaće proizvodnje i konstrukcije [32].



Slika 21. M-99 Bojnik i MAH 02

Bespilotna letjelica M-99 Bojnik je bespilotna letjelica hrvatske proizvodnje koja pripada letjelicama srednjeg dometa. Razvijena je za potrebe prikupljanja informacija o razmještanju neprijateljskih jedinica za vrijeme Domovinskog rata. Namjena letjelica je da sudjeluje u izviđačkim misijama kao potpora kopnenim snagama [33].

S radijusom djelovanja od 60 kilometara, vremenom leta do 6 sati i visinom leta do 4000 metara, letjelica mase 36 kilograma i raspona krila 4 metra opremljena je

fotografskim aparatom i elektroničkom kamerom, a njome daljinski upravlja operater u glavnoj komandnoj postaji [32].

5. KOPNENI DRONOVI U RATOVIMA

Bespilotno vozilo na tlu je vozilo koje djeluje dok je u kontaktu s tlom i bez prisutnosti ljudske posade na vozilu. UGV-ovi (eng. unmanned ground vehicle - hrv. bespilotno vozilo na tlu) se mogu koristiti za mnoge primjene gdje može biti opasno ili nemoguće imati prisutnog ljudskog operatera [34]. Vozilo će imati skup senzora za promatranje okoline koje će autonomno donositi odluke o svojem ponašanju ili će prenositi informacije ljudskom operatoru na drugom mjestu koji će upravljati vozilom putem daljinskog upravljanja [35].

Jedan od najranijih primjera robotskog sustava dizajniranog za vojnu primjenu bili su daljinski upravljani teletenkovi razvijeni od strane Sovjetske Crvene armije krajem 1930-ih godina. Opremljeni strojnicama, plameno bacačima i eksplozivnim napravama, ova polu autonomna vozila su kontrolirana putem radio signala iz obližnjeg komandnog centra. Unatoč ovim ranim napredcima, put do modernih vojnih robota nije bio jednostavan, budući da su tehnološka ograničenja predstavljala glavni izazov. Ovi sustavi postali su nezamjenjivi alati za moderne vojske [36].

Vojni roboti se kategoriziraju u različite vrste na temelju njihovog dizajna, funkcionalnosti i svrhe koju obavljaju. Mogu varirati od malih prijenosnih uređaja do velikih autonomnih vozila [36]. Mogu varirati od malih prenosivih vozila za zadatke poput eliminacije bombi, do većih složenijih vozila opremljenih za nadzor, izravnu borbu, prijevoz eksploziva i opskrbu poput teškog oružja ili dodatnog streljiva za kopnene trupe, te pružiti sposobnosti stvarnog video nadzora u stvarnom vremenu [34],[36].

Bespilotna vozila na tlu revolucioniraju lice kopnenog ratovanja i nude jedinstvene sposobnosti koje poboljšavaju i strateške i taktičke operacije. Borbeni potencijal kopnenih

trupa smanjujući njihovo fizičko opterećenje [34],[36]. Razlikuju se po veličini i mogućnostima: one manje mogu nositi protutenkovsku minu ili mitraljez na daljinsko upravljanje do 10 km od svog operatera, a ona na većem vozilu može nositi 20 milimetarski top. Drugi strojevi mogu prevoziti topovske granate do topništva [34].

U ratu u Ukrajini cilj je bio da se što više vojnika zamijeni kopnenim bespilotnim dronovima na linijama kako bi se spasili životi. Jedan od glavnih izazova ukrajinskoj kontraofenzivi bila je gusta mreža protupješadijskih i protutenkovskih mina koje su postavile ruske trupe, a gubitak potrošnog UGV-a zbog nagazne mine je poželjniji od gubitka vojnika [34].

Marker UGV je bespilotno kopнено vozilo koje je pokazalo sposobnosti umjetne inteligencije i mehaničkog učenja, a u stanju je da prolazi kroz kontrolirana okruženja bez operatera. Što se tiče UGV-ova krajnji cilj je da ovi sistemi funkcioniraju autonomno u borbi, sa ljudskim operaterima i bespilotnim letjelicama [34].



Slika 22. Teletank

5.1 DRONOVI ZA PRIJEVOZ

Kopneni dronovi za prijevoz ključna su podskupina bespilotnih sustava koji su znatno poboljšali logistiku i dostavu opreme na terenu. Ovi robotski sustavi dizajnirani su za prenošenje teških tereta preko različitih terena, osiguravajući siguran i učinkovit prijevoz opreme, streljiva, potrepština, a ponekad i ozlijeđenih osoba. Opremljeni naprednim sposobnostima navigacije, ovi roboti koriste kombinaciju GPS-a, strojnog vida i senzorske fuzije kako bi autonomno navigirali kroz složene okoline [36].

Njihova konstrukcija i snažni energetske sustavi omogućuju im rad u teškim uvjetima i vožnju po zahtjevnim terenima koji bi mogli biti izazovni ili opasni za ljudske vojnike. Obavljajući ove fizički zahtjevne i opasne zadatke, vojni roboti za prijevoz povećavaju operativnu učinkovitost i smanjuju rizik po ljudski život [36].

5.2 DRONOVI ZA POTRAGU I SPAŠAVANJE

Dronovi za potragu i spašavanje postali su značajan faktor u situacijama oporavka nakon katastrofa, lociranju žrtava i istraživanju opasnih okolina. Ovi napredni robotski sustavi opremljeni raznim sensorima, uključujući termalne, vizualne i infracrvene, mogu prodrijeti kroz neprijateljske okoline te pomoći u identifikaciji i lociranju preživjelih u životno ugrožavajućim situacijama [36].

Ovi dronovi mogu obraditi prikupljene podatke te detektirati znakove života ispod ruševina. Njihova sposobnost rada na mjestima koja su inače nedostupna ili opasna za ljude omogućava brže i učinkovitije vrijeme odgovora. Korištenjem ovih dronova, vojne snage značajno mogu poboljšati svoje sposobnosti potrage i spašavanja, povećavajući šanse za spašavanje života i smanjujući izloženost ljudi opasnim situacijama [36].

5.3 DRONOVI ZA RAZMINIRANJE

Kopneni dronovi za razminiranje su osposobljeni za otkrivanje i onesposobljavanja mina. Ovi autonomni ili poluautonomni uređaji koriste različite senzorske tehnologije, poput radara za penetraciju tla, detektora metala i termalnog snimanja, kako bi identificirali i locirali eksplozivne naprave skrivene ispod površine [36].

Kada se potencijalna mina identificira, dron može koristiti specijalizirane mehaničke alate ili laser kako bi sigurno detonirao ili onesposobio napravu. Vojni dronovi za razminiranje ne samo da značajno smanjuju prijetnju ljudskom životu, već i ubrzavaju proces uklanjanja mina [36].

5.4 DRONOVI ZA GAŠENJE POŽARA

Dronovi za gašenje požara su postali ključan alat za upravljanje požarnim hitnim situacijama u vojnim scenarijima. Ovi dronovi opremljeni su termalnim kamerama i sensorima za otkrivanje izvora topline, lociranje požara te kartiranje intenziteta i širenja požara u stvarnom vremenu. Opremljeni visokotlačnim vatrogasnim crijevima ili drugom opremom za suzbijanje požara, ovi dronovi mogu prolaziti kroz područja koja su zahvaćena požarom i koja bi bila preopasna za vatrogasce [36].

Neki modeli mogu raditi autonomno, koristeći algoritme umjetne inteligencije za donošenje ključnih odluka o najboljem pristupu za gašenje požara, dok se drugi upravljaju na daljinu, što omogućuje preciznu kontrolu od strane ljudi s sigurne udaljenosti. Ovi roboti značajno unaprjeđuju sposobnosti vojnih vatrogasnih jedinica, omogućavajući im učinkovitu kontrolu i suzbijanje požara uz minimalni rizik za osoblje [36].

5.5 DRONOVI ZA NADZOR I IZVIĐANJE

Dronovi za nadzor i izviđanje igraju neprocjenjivu ulogu u modernom ratovanju pružajući ključne obavještajne podatke uz minimalni rizik za osoblje. Opremljeni visoko rezolucijskim kamerama, infracrvenim senzorima, radarima i naprednim komunikacijskim mogućnostima, ovi dronovi mogu prikriveno prodirati u neprijateljske teritorije, pregledavati krajolik, nadzirati aktivnosti neprijatelja i prenositi informacije u stvarnom vremenu [34].

5.6 NAORUŽANI DRONOVI

Uvođenje naoružanih vojnih robota preoblikovalo je dinamiku bojišta. Ovi roboti opremljeni oružjem, od konvencionalnog vatrenog oružja do naprednih raketnih sustava, mogu sudjelovati u borbenim operacijama s preciznošću i učinkovitošću, smanjujući rizik za ljudske vojnike [36].

Mogućnosti donošenja odluka temeljene na umjetnoj inteligenciji omogućuju ovim robotima autonomno prepoznavanje, praćenje i angažiranje ciljeva, poboljšavajući vrijeme reakcije i preciznost. Njihova upotreba nije bez kontroverzi zbog etičkih razmatranja oko delegiranja smrtonosne sile autonomnim sustavima. Ipak, predstavljaju značajan korak naprijed u pogledu zaštite ljudskih života tijekom borbenih situacija [36].

5.6.1 Modularni napredni naoružani robotski sustav (MAARS)

MAARS je gusjenica dron dizajniran za izviđanje, nadzor i za povećanje sigurnosti osoblja koje se nalazi na prednjim pozicijama [36].

MAARS je opremljen raznim alatima, uključujući višestruke senzorske sustave, manipulatorsku ruku za interakciju s objektima i oružani sustav koji se može naoružati

smrtonosnim streljivom. Pruža mogućnost daljinskog upravljanja, omogućavajući vojnicima da operiraju iz sigurne udaljenosti tijekom opasnih misija [36].

Njegov dizajn omogućuje prilagodbu različitim operativnim scenarijima, od izravne borbe do obavljanja zadataka u okruženjima koja su opasna za ljude. Njegov potencijal u zaštiti ljudskih života dok istovremeno povećava učinkovitost misija ističe transformacijsku ulogu robotike u vojnim operacijama [36].



Slika 23. MAARS

5.6.2 DOGO

DOGO je kompaktan i lagan taktički borbeni dron posebno je dizajniran borbu u bliskim četvrtima i protuterorističke operacije. Ima pištolj Glock 26, što mu omogućava učinkovito neutraliziranje prijetnji uz minimalan rizik za vojno osoblje [36].

Dronom DOGO se upravlja na daljinu i pruža stvarno vrijeme videa i audio informacija, što daje operatoru potpunu situacijsku svijest. Uključuje napredne značajke poput sučelja "Pokaži i Pucaj", gdje operator usmjerava prema području ili objektu, a robot izračunava optimalnu rutu za pristup i interakciju [36].



Slika 24. DOGO

5.6.3 Guardbot

Guardbot je nadzorni uređaj koji zahvaljujući svojem jedinstvenom sfernog dizajnu, sposoban je kretati se po različitim terenima, uključujući pijesak, snijeg, te čak i vodu. Dron je opremljen kamerama s obje strane, što omogućava vidljivost od 360 stupnjeva. Koristi se za misije nadzora, sigurnost na granicama i praćenje osjetljivih područja, čime se smanjuje izloženost ljudi potencijalnim prijetnjama [36].



Slika 25. Guardbot

6. POMORSKI DRONOVI U RATOVIMA

Pomorski dronovi su bespilotne morske vozne jedinice, koji mogu djelovati samostalno autonomno ili daljinskim upravljanjem i bez vlastite posade, a sastoje od bespilotnih površinskih vozila i bespilotnih podvodnih vozila. Ima ih u raznim oblicima i veličinama, a koriste se za raznorazne zadatke, između ostalog i za nadzor životne sredine [36],[37]. Prvu pomorski dron kamikaza na svijetu stvorila je Njemačka davne 1915. godine tokom Prvog svjetskog rata. Nijemci su željeli stvoriti oružje koje bi moglo probiti pomorsku blokadu Velike Britanije, a da ne ugrozi vlastite brodove. Napravljen je pod nazivom Fernlenkboot [38].

Bio je to čamac dužine 13 metara, opremljen sa dva Maybach benzinska motora snage po 210 konjskih snaga i opremljen sa 700 kg eksploziva. Mogao je postići brzinu do 30 čvorova na sat, ali je domet upravljačkog sistema bio ograničen na otprilike 20 kilometara [39]. Komande su se s obalnog kontrolnog mjesta na Fernlenkboot-u morale slati pomoću kabela, čiji je namotaj bio postavljen na daljinsko upravljanje. Za korekciju kretanja drona trebalo je koristiti i hidroavion [38].

U testnim uvjetima taj sistem upravljanja je radio savršeno i točno onako kako su projektanti zamislili, ali u stvarnosti bilo je moguće izvesti samo jedan napad: 28. listopada 1917. čamac kamikaza FL-12 oštetio je britanski brod Erebus. Pomorski dronovi se u vojnim svrhama koriste za detekcije i neutralizacije mina, protupodmorničkog ratovanja, prikupljanja obavještajnih podataka i nadzora [38]. Pored dronova koji se koriste na površini vode, Ukrajina je nedavno predstavila prototip bespilotnog podvodnog drona pod imenom Toloka TLK-150 [39].

Pomorski dronovi imaju ugrađene eksplozive i kamere za fotografiranje koje stižu osobi koja kontrolira dron. Dalekometni ciljevi su isprogramirani u dronove prije nego što ih se lansira, a nakon lansiranja ih prema meti vodi osoba koja upravlja dronom [39].

U usporedbi sa pomorskim brodovima, dronove je puno teže uočiti na radaru jer proizvode manje buke i putuju nisko na vodi. Nedostatak pomorskih dronova je što senzori

mogu imat usko vidno polje što će otežati praćenje pokretnih meta, a oni koji imaju kamere moraju održavati neprestanu komunikaciju sa kontrolorom koji ga navodi do mete pa svaki problem sa slikom može ugroziti misiju [39]. Bepilotna morská vozila postaju sve važnija u području pomorskog ratovanja i sigurnosti, te omogućuju dominaciju na moru [37]. Sve to pogoduje i razvoju industrije pojedinih zemalja, kao što uostalom vidimo trenutno u Ukrajini. Ispada da se na ovom oružju počelo raditi na početku 20. stoljeća, a da je rezultat postignut tek u 21. stoljeću [38].



Slika 26. Fernlenkboot i Toloka TLK-150

7. NEDOSTATCI DRONOVA

Razvoj UAV-ova, UGV-ova i UMV-ova (eng. unmanned maritime vehicles - hrv. bespilotne morske vozne jedinice) u smrtonosna oružja može rezultirati sklonostima prema ratu i širenju smrtonosne bespilotne tehnologije. Problem ove tehnologije je da posredno ili neposredno uzrokuje stradavanje ljudi [22].

Nijedan sporazum ili drugi pravni instrument međunarodnog humanitarnog prava ne obuhvaća koncept naoružanih dronova. Primjer nedostatka uključuje američke napade dronova u Afganistanu 2019. godine, gdje je napad američkog drona ubio 30 civila, a države koje koriste naoružane autonomne ili daljinske sustave često nastoje izbjeći javno otkrivanje detalja ciljanih ubojstava, skrivajući osnovne informacije o tome tko se cilja i zašto [22].

Dronovi nisu nezakonita oružja u tehničkom smislu, pa to komplicira razvoj čvrstog zakonodavstva za sveobuhvatno reguliranje njihove upotrebe. Napadi bespilotnim letjelicama često postavljaju kompleksna pravna i moralna pitanja. Oni mogu biti precizni samo kao obavještajni podaci na kojima se temelje. Mogućnost da bi njihova upotreba mogla biti ograničena na neki način putem ugovora o kontroli naoružanja pokazala se ne mogućom [22].

Već je stiglo novo doba ratovanja bespilotnim letjelicama i korištenje dronova prešlo je iz borbe protiv terorizma u potpuno normalno ratovanje. Više od 100 zemalja ima bespilotne letjelice, a mnogi imaju i naoružane bespilotne letjelice [22].

Kina je vodeći izvoznik naoružanih bespilotnih letjelica širom svijeta, a Izrael je svjetski lider u razvoju autonomnih vojnih sposobnosti [22],[40].

8. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu obrađene su teme dronova te njihova primjena u ratovima. Od postanka ljudske vrste čovjek je uvijek težio za nečim novim. Zanimljivo je bilo promatrati evoluciju bespilotnih letjelica kojima je prvobitna svrha bila izviđanje, do prvog balona koji se koristio u napadu pa sve do danas gdje nalazimo najmodernije i naoružane borbeno vojne dronove.

U današnje vrijeme imamo veliki broj letjelica kojima upravlja čovjek. Primjenom dosadašnjih postignuća olakšan je razvoj te su ljudi uspjeli izumiti dronove. U većini slučajeva naoružani dronovi su imali veliki utjecaj u ratovima gdje je njihova primjena uvelike pružala taktičku prednost na bojištu nad protivnicima koji nisu posjedovali dronove.

Primjena dronova u ratovima je različita, a dronovi kao najmodernija tehnologija postaju savršeni alat za izvršavanje “prljavih“ poslova za koje je prije bio potreban čovjek. Njihovom primjenom prijevoza potrepština, miniranja, potragom i spašavanje, izviđanja i napada na neprijateljske jedinice najviše je profitirao čovjek, ali samo u smislu posjednika tog drona koji se ne mora brinuti za svoju sigurnost jer on upravlja dronom sa sigurne i udaljene lokacije.

Razvitkom autonomnih sustava razvio se i povećao sustav ratovanja omogućavajući povećanu učinkovitost i preciznost. Takvi napreci povećavaju vrijednost dronova, uključujući njihovu ulogu ne samo u suvremenim ratovima nego i u svim sferama života. Razvojem umjetne inteligencije ubrzano će profitirati industrija dronova pa tako i onih u vojne svrhe. Njihovim poboljšanjem i razvijanjem potpuno autonomni dronovi omogućuju puno brže donošenje odluka od ljudi, što je izuzetno bitno kod svih oblika njihove namjene.

Bili to dronovi koji se kreću zrakom, voze po tlu ili plove u moru, dronovi će obilježiti budućnosti pa tako i onu modernog ratovanja.

LITERATURA

1. *Unmanned aerial vehicle*. (2024). Dohvaćeno iz Wikipedia, Wikimedia Foundation, Inc.: https://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_aerial_vehicle
2. *Dronovi kao moderan alat za suvremenu poljoprivredu*. (2021). Dohvaćeno iz Hrčak: <https://hrcak.srce.hr/file/377141>
3. *Drone (UAV)*. (2021). Dohvaćeno iz Tech target: <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/drone>
4. *Components for Creating an Unmanned Aerial Vehicle*. (2015). Dohvaćeno iz <https://www.egr.msu.edu/classes/ece480/capstone/spring15/group14/uploads/4/2/0/3/42036453/johnsonappnote.pdf>
5. *UAV/UAS/RPAS*. (n.d.). Dohvaćeno iz SKY4US: <https://sky4us.net/uav-uas-rpas/>
6. *Northrop Grumman MQ-8 Fire Scout*. (2024). Dohvaćeno iz Wikipedia, Wikimedia Foundation, Inc.: https://en.wikipedia.org/wiki/Northrop_Grumman_MQ-8_Fire_Scout
7. *Sukhoi S-70 Okhotnik-B*. (2024). Dohvaćeno iz Wikipedia, Wikimedia Foundation, Inc.: https://en.wikipedia.org/wiki/Sukhoi_S-70_Okhotnik-B
8. *Science & Vie*. (2022). Dohvaćeno iz Wikipedia, Wikimedia Foundation, Inc.: <https://www.science-et-vie.com/le-magazine/il-y-a-100-ans-un-premier-drone-militaire-decollait-en-france-57456.html>
9. *History of Flight*. (2021). Dohvaćeno iz NASA: <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/UEET/StudentSite/historyofflight.html>
10. *Drvena ptica na parni pogon*. (n.d.). Dohvaćeno iz Povijest.hr: <https://povijest.hr/jesteliznali/drvena-ptica-na-parni-pogon/>
11. *The Steam-Powered Pigeon of Archytas – The Flying Machine of Antiquity*. (2021). Dohvaćeno iz Ancient Origins: <https://www.ancient-origins.net/history-famous-people/steam-powered-pigeon-002179>
12. *Helicopter*. (2019). Dohvaćeno iz Leonardo da Vinci: https://www.leonardo-da-vinci.net/helicopter/#google_vignette
13. *Leonardovi izumi*. (2019). Dohvaćeno iz Nova akropola: <https://nova-akropola.com/znanost-i-priroda/znanost/leonardovi-izumi/>
14. *Prvo bombardiranje iz zraka u povijesti*. (2014). Dohvaćeno iz Vojna povijest: <https://vojnepovijest.vecernji.hr/vojna-povijest/prvo-bombardiranje-iz-zraka-u-povijesti-978547>

15. *Kettering Bug*. (2023). Dohvaćeno iz Wikipedia, Wikimedia Foundation, Inc.: https://en.wikipedia.org/wiki/Kettering_Bug
16. *The First Drones, Used in World War I*. (2013). Dohvaćeno iz Gizmodo: <https://gizmodo.com/the-first-drones-used-in-world-war-i-453365075>
17. *Ryan Firebee*. (2024). Dohvaćeno iz Wikipedia, Wikimedia Foundation, Inc.: https://en.wikipedia.org/wiki/Ryan_Firebee
18. *Classification of the Unmanned Aerial Systems*. (2023). Dohvaćeno iz Penn State: The Pennsylvania State University: <https://www.e-education.psu.edu/geog892/node/5>
19. *Zrakoplov*. (2024). Dohvaćeno iz Hrvatska Enciklopedija: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/zrakoplov>
20. *How drones are changing modern warfare*. (2021). Dohvaćeno iz eKathimerini.com: <https://www.ekathimerini.com/opinion/interviews/1164955/how-drones-are-changing-modern-warfare/>
21. *Anti-tank guided missile*. (2024). Dohvaćeno iz Wikipedia, Wikimedia Foundation, Inc.: https://en.wikipedia.org/wiki/Anti-tank_guided_missile
22. *Combat drones: We are in a new era of warfare - here's why*. (2022). Dohvaćeno iz BBC: <https://www.bbc.com/news/world-60047328>
23. *General Atomics MQ-1 Predator*. (2024). Dohvaćeno iz Wikipedia, Wikimedia Foundation, Inc.: https://en.wikipedia.org/wiki/General_Atomics_MQ-1_Predator
24. *General Atomics MQ-1 Predator*. (2023). Dohvaćeno iz Wikipedia, Wikimedia Foundation, Inc.: https://hr.wikipedia.org/wiki/MQ-1_Predator
25. *General Atomics MQ-9 Reaper*. (2024). Dohvaćeno iz Wikipedia, Wikimedia Foundation, Inc.: https://en.wikipedia.org/wiki/General_Atomics_MQ-9_Reaper
26. *Northrop Grumman RQ-4 Global Hawk*. (2024). Dohvaćeno iz Wikipedia, Wikimedia Foundation, Inc.: https://en.wikipedia.org/wiki/Northrop_Grumman_RQ-4_Global_Hawk
27. *Lockheed Martin RQ-170 Sentinel*. (2024). Dohvaćeno iz Wikipedia, Wikimedia Foundation, Inc.: https://en.wikipedia.org/wiki/Lockheed_Martin_RQ-170_Sentinel
28. *Elbit Hermes 900*. (2024). Dohvaćeno iz Wikipedia, Wikimedia Foundation, Inc.: https://en.wikipedia.org/wiki/Elbit_Hermes_900
29. *Baykar Bayraktar TB2*. (2022). Dohvaćeno iz Wikipedia, Wikimedia Foundation, Inc.: https://hr.wikipedia.org/wiki/Baykar_Bayraktar_TB2

30. *The History and Effectiveness of the Bayraktar TB2 Drone in Ukraine*. (2023). Dohvaćeno iz sUAS news: https://www.suasnews.com/2023/06/the-history-and-effectiveness-of-the-bayraktar-tb2-drone-in-ukraine/?utm_content=cmp-true
31. *PD-100 Black Hornet Nano Unmanned Air Vehicle*. (2020). Dohvaćeno iz Army technology: <https://www.army-technology.com/projects/pd100-black-hornet-nano/>
32. *Bespilotna letjelica*. (2018). Dohvaćeno iz Hrvatska tehnička enciklopedija: <https://tehnika.lzmk.hr/bespilotna-letjelica/>
33. *BL M-99 Bojnik*. (2022). Dohvaćeno iz Wikipedia, Wikimedia Foundation, Inc.: https://hr.wikipedia.org/wiki/BL_M-99_Bojnik
34. *Ground vehicles are the new frontier in Ukraine's drone war*. (2023). Dohvaćeno iz Reuters: <https://www.reuters.com/world/europe/ground-vehicles-are-new-frontier-ukraines-drone-war-2023-07-13/>
35. *Unmanned ground vehicle*. (2024). Dohvaćeno iz Wikipedia, Wikimedia Foundation, Inc.: https://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_ground_vehicle
36. *Military Robots*. (2023). Dohvaćeno iz Artificial intelligence: <https://www.aiplusinfo.com/blog/military-robots/>
37. *Unbemanntes Wasserfahrzeug*. (2024). Dohvaćeno iz Wikipedia, Wikimedia Foundation, Inc.: https://de.wikipedia.org/wiki/Unbemanntes_Wasserfahrzeug
38. *Ukrajinski pomorski dronovi: Ostvaren njemački san star više od 100 godina*. (2023). Dohvaćeno iz Politicki.ba: <https://politicki.ba/politika/ukrajinski-pomorski-dronovi-ostvaren-njemacki-san-star-vise-od-100-godina/36165>
39. *Rusija i Ukrajina: Šta su pomorski dronovi, koliko koštaju i kako utiču na rat*. (2023). Dohvaćeno iz BBC news na srpskom: <https://www.bbc.com/serbian/lat/svet-66401284>
40. *Modern Warfare - Killer Robots: Beyond Artificial Intelligence*. (2022). Dohvaćeno iz NH Learning Group: <https://training.nhlearninggroup.com/blog/modern-warfare-killer-robots>

POPIS SLIKA

Slika 1. Primjeri bespilotnih letjelica.....	2
Slika 2. Prikaz komercijalnog drona DJI Phantom i vatrogasnog drona Yuneec H520	3
Slika 3. Golub primjer prve bespilotne letjelice	4
Slika 4. Skica zračnog vijka.....	5
Slika 5. Balon na vrući zrak braće Montgolfier.....	6
Slika 6. Prikaz bombardiranja Venecije i zračnog broda sa grbom Kraljevine Hrvatske ...	6
Slika 7. Prikaz Fairey Quenn-a.....	7
Slika 8. Kettering Bug	8
Slika 9. Ryan Firebee.....	9
Slika 10. Dron Kargu 2	9
Slika 11. Prikaz jako malih, malih, srednjih i velikih bespilotnih letjelica	13
Slika 12. Primjeri različitih oblika bespilotnih letjelica	15
Slika 13. Prikaz kontrolnog sustava drona	17
Slika 14. MQ-1 Predator.....	21
Slika 15. MQ-9 Reaper	22
Slika 16. RQ-4 Global Hawk.....	23
Slika 17. RQ-170 Sentinel	24
Slika 18. Hermes 900.....	25
Slika 19. Bayraktar TB2	26
Slika 20. Black Hornet.....	27
Slika 21. M-99 Bojnik i MAH 02.....	28
Slika 22. Teletank	30
Slika 23. MAARS.....	34
Slika 24. DOGO.....	35
Slika 25. Guardbot.....	35
Slika 26. Fernlenkboot i Toloka TLK-150.....	37

POPIS TABLICA

Tablica 1. Klasifikacije prema veličini	11
Tablica 2. Klasifikacije prema dometu i trajanju leta	11
Tablica 3. Klasifikacije prema rasponu krila	12
Tablica 4. Klasifikacija prema težini	14