Bespilotne letjelice, razvoj, značaj i primjena u šumarstvu

Vugdelija, Karmen

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:955074

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

ŠUMARSKI FAKULTET

URBANO ŠUMARSTVO, ZAŠTITE PRIRODE I OKOLIŠA

PREDDIPLOMSKI STUDIJ

URBANO ŠUMARSTVO, ZAŠTITA PRIRODE I OKOLIŠA

KARMEN VUGDELIJA

BESPILOTNE LETJELICE – PRIMJENA I ZNAČAJ U ŠUMARSTVU

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, RUJAN 2016.

Podaci o završnom radu

Zavod:	Zavod za izmjeru i uređivanje šuma
Predmet:	Daljinska istraživanja i GIS zaštićenih i urbanih područja
Mentor:	Izv.prof.dr.sc.Ante Seletković
Student:	Karmen Vugdelija
JMBAG:	0068222620
Akad. godina:	2015./2016.
Mjesto, datum obrane:	Zagreb, 29.9.2016.
Sadržaj rada:	Slika: 18 Navoda literature: 16
Sažetak	Razvoj bespilotnih letjelica počinje sa prvom upotrebom balona 1849.g. sve do prvog radio kontroliranog aviona iz 1930ih. Usporedno je tekao i razvoj aerosnimaka od prve fotografije Niépcea iz 1826. ili 1827.g. do prve aerosnimke W. Wrighta nastale 1909.g. Bespilotna letjelica je definirana kao letjelica koja je namijenjena letovima bez pilota, koja je daljinskim upravljana, programirana ili autonomna. Letjelice danas imaju široku primjenu npr. detektiranje i pomoć pri nesrećama, nadzor granica, bilo kopnenih ili morskih, za dobivanje snimaka iskoristivih za područje šumarstva (procjena oštećenosti, određivanje sastojinskih i strukturnih parametara...) itd. U ovom radu prikazan je razvoj bespilotnih letjelica, njihov značaj i mogućnost primjene u šumarstvu.

Sadržaj

1. Uvod 1

2. Povijesni razvoj bespilotnih letjelica i aerosnimaka 2

2.1. Povijesni razvoj bespilotnih letjelica 2

2.2. Povijesni razvoj aerosnimaka 6

3. Podjela bespilotnih letjelica 11

4. Mogućnost primjene bespilotnih letjelica 12

3.1. Civilna zaštita 10

3.2. Sigurnost i okoliš 10

3.3. Agrikultura 11

5. Primjena aerosnimaka u šumarstvu Hrvatske 15

5.1. Aerofotogrametrijsko snimanje 17

5.2. Motrenje ilegalnih aktivnosti 17

5.2. Brzi odgovor na elementarne nepogode 18

5. Počeci primjene aerosnimaka u šumarstvu Hrvatske 18

6. Zakonska regulativa u primjeni bespilotnih letjelica 19

7. Zaključak 20

8. Literatura 21

1. Uvod

Prvotna primjena bespilotnih letjelica je bila u vojne svrhe, no napretkom tehnologije to se mijenja te bespilotne letjelice nalaze drugačiju primjenu i to u civilne svrhe. Pojavljuju se različite vrste bespilotnih letjelica, zvane dronovi, te njihova popularnost i dostupnost raste.

Bespilotna letjelica je definirana kao letjelica koja je namijenjena letovima bez pilota, koja je daljinskim upravljana, programirana ili autonomna. Letjelice danas imaju široku primjenu npr. detektiranje i pomoć pri nesrećama, nadzor granica, bilo kopnenih ili morskih, za snimanje aerosnimaka itd.

Pratimo razvoj bespilotnih letjelica od balona iz 1849. g. sve do pojave modela bespilotnih letjelica koji se koristi i danas.

Pojava prve fotografije Josepha Nicéphorea Niépcea iz 1826. ili 1827.g. najavila je novu znanstvenu disciplinu. Razvoj fotografije tekao je od obične "camere obscure" do modernih sofisticiranih kamera koje snimaju fotografije u visokoj rezoluciji. Takve kamere se koriste i na bespilotnim letjelicama kojima se dobivaju fotografije, točnije aerosnimke koje su u današnje vrijeme našle široku primjenu.

Primjena aerosnimaka u šumarstvu postoji već duži niz godina, u Republici Hrvatskoj su se počele koristiti zahvaljujući prof. dr. Zdenku Tomašegoviću i njegovu pionirskome radu iz 1950ih zahvaljujući ubrzanom razvoju tehnologije bespilotnih letjelica.

Bespilotne letjelice su omogućile lakši i jednostavniji način monitoringa čime se smanjuje opseg terenskog rada te se štedi na vremenu i novcu.

Početak

U Hrvatskoj su u posljednjih 30-tak godina provedena različita istraživanja o mogućnostima primjene daljinskih istraživanja u šumarskoj praksi. Unatoč tomu, u praktičnom uređivanju šuma, primjena daljinskih istraživanja bila je ograničena na korištenje aerosnimaka i to uglavnom u svrhu lakšeg snalaženja na terenu (Kušan1998). Jedan od glavnih razloga ograničenoj uporabi metoda daljinskih istraživanja bila je visoka cijena aerosnimaka i opreme, a često i zahtjevan uredski rad. S druge strane, rezultati dobiveni daljinskim istraživanjima često nisu udovoljavali svim potrebama u poslovima praktičnog uređivanja šuma.

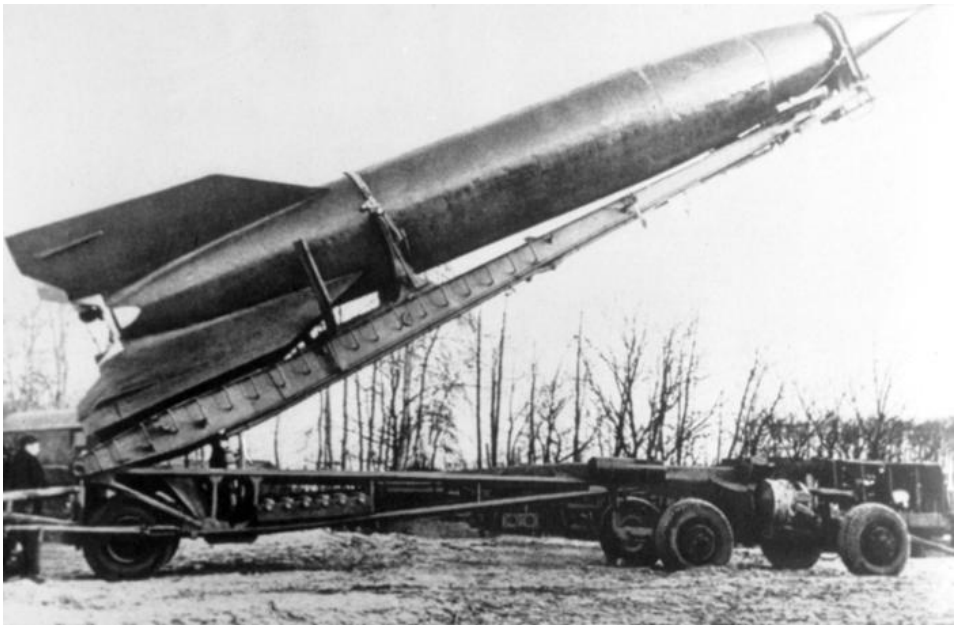
2. Povijest i razvoj bespilotnih letjelica i aerosnimaka

2.1. Povijesni razvoj bespilotnih letjelica

Bespilotne letjelice su se pojavile zbog velikog interesa vojnih institucija za upotrebu u vojne svrhe. Prvotno su služile za nadgledanje, točnije špijuniranje, no kako se s vremenom ta tehnologija razvijala tako su i bespilotne letjelice našle i primjenu u civilne svrhe. Neki porijeklom bespilotnih letjelica smatraju pojavom V-1 krstarećih projektila[1], dok drugi pojavom balona na vrući zrak iz 1849.g.

Baloni su se koristili tijekom opsade Venecije 22.8.1849.g. od strane Austrijanaca, njih dvjestotinjak je pušteno iznad grada prenoseći bombe. Bombe se aktiviraju elektromagnetizmom pomoću dugačke bakrene žice sa galvanskom baterijom, te eksplodiraju pri udaru o zemlju.

Tijekom I. svjetskog rata, američka mornarica je angažirala Elmera Ambrosea Sperryja, izumitelja giroskopa , da razvije torpeda koja će biti pričvršćena na bespilotne avione kontrolirane korištenjem giroskopa.



Slika 1: V-1 krstareći projektil iz II. Svjetskog rata

Pravim porijeklom smatra se razvoj radio-daljinsko kontroliranog aviona 1930ih. Nastao je na inicijaciju britanske Kraljevske mornarice, iz modela aviona De Havilland Tiger Moth, te je nazvan "Queen Bee". Proizvedeno je preko 400 tih aviona koji su Kraljevskoj mornarici služili za vježbe gađanja meta tijekom 1930ih i 1940ih godina.

[1] Fiesler Fi 103 – rani krstareći projektil razvijen tijekom II. svjetskog rata od strane nacističke Njemačke – smatra se pretečom današnjih bespilotnih letjelica



Slika 2: W. Churchill i tajnik ministarstva obrane čekaju lansiranje "Queen Bee-a" 1941.g.

Tijekom II. svjetskog rata dogodio se neuspjeli pokušaj daljinskog upravljanja aviona. Američka mornarica pokrenula operaciju Anvil za otkrivanje nacističkih bunkera korištenjem modificiranih B-24 aviona, tj. bombera. Bili su ispunjeni eksplozivom i navođeni daljinskim upravljanjem sve do meta u Njemačkoj i Francuskoj. No budući da je i dalje daljinsko upravljanje bilo limitirano te su zapravo piloti morali upravljati avionima do Engleske gdje bi iz aviona izlazili padobranima, te bi do mete bili navođeni. Ta operacija je ubrzo ukinuta zbog pogibelji pilota i srušenih aviona.



Slika 3: bomber B-24 korišten tijekom II. svjetskog rata

Unaprjeđenje radio-daljinsko kontroliranih aviona (bespilotnih letjelica) ostvario je Edward M. Sorensen. Omogućio je kontroliranje aviona na udaljenostima daljim od vidnog polja pilota koji njime upravlja. Time je omogućen daljnji razvoj radio kontroliranih aviona sve do modernih bespilotnih letjelica, tj dronova koji danas prelaze i tisuće kilometara do mete.

Nakon rata došlo je do stagnacije u razvoju tehnologije bespilotnih letjelica jer nije bilo potrebe za njima. Svijet se bazirao na razvoju raketne znanosti, točnije na utrku SAD-a i SSSR-a do mjeseca.

Početkom 1950ih kompanija Ryan Aeronautika je razvila podzvučnu bespilotnu letjelicu (dron) nazvanu Ryan "Firebee". "Firebee" je dron za traženje meta te služi za zračne vježbe. Otkad je dizajn drona prvi puta upotrebljen, otada dominira bespilotnim letjelicama te se i dan danas koristi. Model je djelomično modificiran 1960ih u dronove za izviđanje pod nazivom "Firefly", te malo kasnije potpuno modificiran u izviđačke dronove "Lightning Bug". Danas postoje oba modela, ali unaprijeđena i modernizirana.



Slika 4: bespilotna letjelica "Firebee" 1950ih

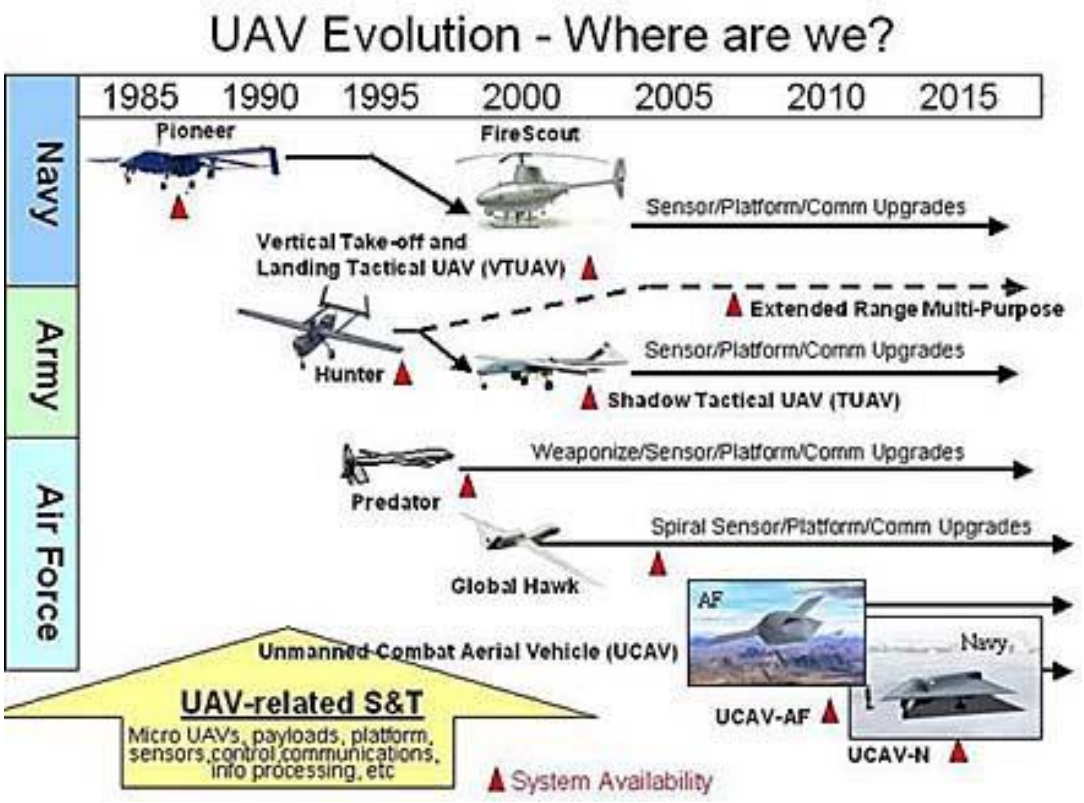


Slika 5: bespilotna letjelica "Firebee" danas

Unaprjeđenje tehnologije i robotike dovelo je do ubrzanog razvoja dronova za vojne, ali i civilne svrhe. U samim počecima su se koristili isključivo u vojne svrhe npr. traženje različitih meta, za bombardiranje i danas su bitan dio modernog ratovanja. Postoji i druga upotreba dronova koji su prilagođeni za civilnu upotrebu. Za prikupljanje informacija o klimatskim parametrima, geomapiranje, snimanje aerosnimaka itd. Za te svrhe model vojnih dronova je morao biti uvelike modificiran i pojednostavljen do te mjere da postoje dronovi malih veličina i težine, od svega par kilograma sve do nekoliko grama.



Slika 6: jedna od modernih bespilotnih letjelica "Parrot AR"

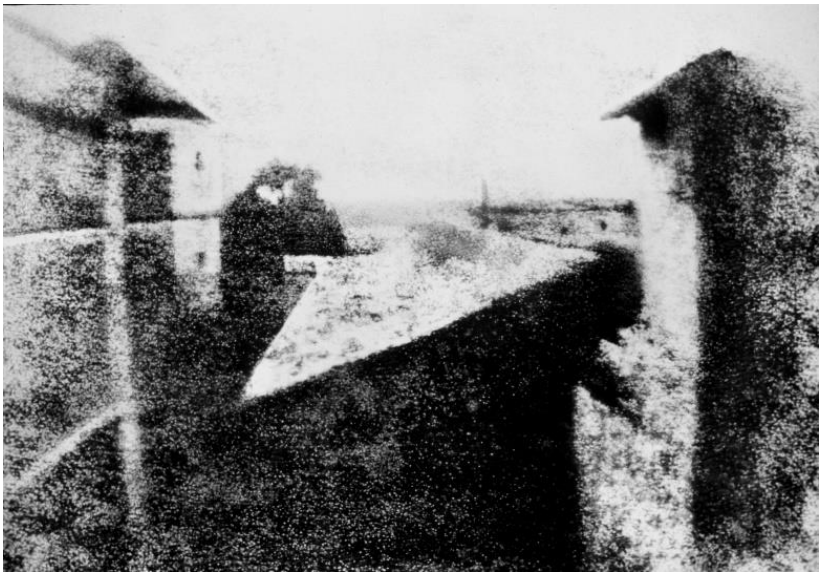


Slika 7: kronološki prikaz razvoja bespilotnih letjelica

2.2. Povijesni razvoj aerosnimaka

Povijest aerosnimaka kreće sa pojavom prve fotografije francuza Josepha Nicéphorea Niépcea 1826. ili 1827. g. Fotografija je nastala metodom heliografije, koju je sam izumio, kombinacijom camere obscure[2] i kositrene ploče prekrivene bitumenom (da fotografija ne izblijedi). Mane postupka su te što slika zahtijeva osam sati izloženosti i pojava sjena s obaju strana zgrade uslijed kretanja Sunca od istoka prema zapadu. Time je nastala fotografija njegova imanja u Les Graseu, pod nazivom "Vue de la fenêtre à Le Gras", u prijevodu Pogled sa balkona iz Le Grasea.

[2] Preteča moderne fotografske kamere, naprava u obliku kutije s točkastim otvorom ili sabirnom lećom na jednoj strani i zaslonom na suprotnoj strani, na kojemu se pojavljuje obrnuta slika vanjskoga predmeta.



Slika 8: prva fototgrafija - Vue de la fenêtre à Le Gras 1826./1827.g.

Joseph Niépce i fotograf Louis Daguerre 1829.g. su surađivali na fotografskom postupku za dobivanje trajne slike. Zajedno su ga izumili, ali ga je Daguerre sam usavršio nakon raspada suradnje povodom smrti Niépcea 1833.g. Prvotna upotreba živinih para za dobivanje trajne slike se pokazalo neuspješnim, te je riješio problem pomoću otopine kuhinjske soli, kako bi se otopio neosvijetljeni srebrni jodid. Godine 1837. tom tehnikom je snimio svoj studio, "L'Atelier de l'artiste", koja je nazvana dagerotipija[3]. Patentirao ga je kao svoga jer mu je te godine Niépceov sin, Isidore prodao prava na patent.

Nakon otkrića, daugerotipija je postala veliki hit, te se počela masovno proizvoditi. O popularnosti dagerotipije govori činjenica da se samo nakon četiri tjedna otkrića već počeo proizvoditi u SAD-u.



Slika 9: prva trajna fotografija 1837.g., - "L'Atelier de l'artiste"

[3] Postupak dobivanja trajne slikeu kojem se srebrna ili posrebrena ploča izlagala jodnim parama, osvijetlila u cameri obscuri, a latentna slika, nastala u fotoosjetljivu sloju srebrnoga jodida, razvijala živinim parama.

Kako su se razvijale terestričke fotografije, tako je tekao razvoj i fotografija iz zraka. Prvu takvu fotografiju snimio je fotograf Gaspard-Félix Tournachon, pod umjetničkim imenom Félix Nadar.

Félix Nadar je bio fotograf i balonist, zbog njegove ljubavi prema fotografiji i balonima 1855.g. došao je na ideju korištenja zračnih snimaka u svrhe mapiranja, ali su mu trebale tri godine da usavrši svoju ideju. Tako je nastala prva aerosnimka francuskog sela Petit-Becetre iz balona na vrući zrak uvinutog 80 m iznad tla. Nažalost Nadarove prve fotografije nisu preživjele. Najstarija Nadarova preživjela aerosnimka je iz 1866.g. nastala iznad grada Pariza.

Najstarija poznata aerosnimka nastala 1860.g. iznad grada Bostona iz balona na vrući zrak, Jamesa Wallacea Blacka. To je prva aerosnimka koja bistro prikazuje neki grad bilogdje u svijetu. Te je prvi puta fotografija korištena u vojne svrhe tijekom Građanskog rata.



Slika 10: najstarija Nadarova očuvana fotografija Pariza iz 1866.g.



Slika 11 J.W. Black - najstarija očuvana aerosnimka pod nazivom - "Boston, as the Eagle and the Wild Goose See It" iz 1860.g.

Otac fotografije sa zmaja, Arthur Batut je 1889.g. pričvrstio kameru za zmaj i načinio prvu aerosnimku pomoću zmaja iznad Labruguierea u Fancuskoj. Kamera je pričvršćena direktno na zmaj, imala je visinomjer koji je očitavao visinunna filmu čime je omogućeno skaliranje slike

1903.g. u Bavarskoj je prvi puta prezentirano korištenje golubova u snimanju aerosnimaka. Julius Neubronner je patentirao malu kamericu od 70 grama, koja je snimala svakih 30 sekundi. Kamerica bi se montirala da golublja prsa te bi bili pušteni, iako su bili brži od balona, bili su i nepouzdaniji.



Slika 12: Neubronnerova kamera na golubu

George R. Lawrence je snimio predivnu aerosnimke San Francisca prije i nakon velikog požara i potresa 1906.g. Spojio je17zmajeva koji su podigli tešku panoramsku kameru 600 m iznad grada. Posebnost kamere je to što je imala zaobljeni film koji je omogućio snimanje panoramskih slika.



Slika 13: panoramska slika San Francisca iz 1906.g. G. R. Lawrencea

Prva aerosnimka snimljena iz zrakoplova nastala je 1909.g. od strane izumitelja i pilota Wilbura Wrighta.

Tijekom I. svjetskog rata, kapetan Carlo Piazza, 1911.g. se dosjetio montirati kameru na svoj vojni zrakoplov. Toga se dosjetio jer mu je bilo preteško zapisivati što vidi iz zrakoplova i u isto vrijeme njime upravljati. Na trbuh zrakoplova je montirana kamera sa lećom okrenutom prema tlu. Time je omogućen potpuno drugačiji pristup korištenju aerosnimki.

Od 1960ih provode se u europskim zemljama istraživanja primjene infracrvenih kolornih (ICK) aerosnimaka za ustanovljavanje oštećenosti šumske vegetacije (Murtha 1972). Metodologija procjene oštećenosti šuma na ICK aerosnim - cima radi inventarizacije oštećenosti šuma se primjenjuje u šumarstvu. U Hrvatskoj su se prva istraživanja iz tog područja provela krajem 1980ih stoljeća (Kušan 1996).

Cramer (2005) te Petrie i Walker (2007) u svojim radovima prikazali su trenutačno stanje i budući razvoj tehnologije na području digitalnih aerofotogrametrijskih kamera, te ih usporedili s analognim kamerama. Digitalne kamere između ostalog, odlikuju se i bržom i jednostavnijom distribucijom snimljenog materijala, što cjelokupni proces pripreme za fotointerpretaciju čini jeftinijim. Uz potporu GPS-a i inercijalnih sustava, moguće je već nakon slijetanja aviona, imati orijentirane slike.

3. Podjela bespilotnih letjelica

Prema europskoj terminologiji, bespilotna letjelica je svaki zrakoplov koji ne nosi ljudsku posadu, ponovno je uporabljiva (ili nije nakon) uporabe, daljinski je upravljana, polu-nezavisna ili potpuno nezavisna (ili kombinacija te dvije), ima mogućnost nošenja korisnog tereta čime se osposobljava za zadaće unutar zemljine atmosfere i iznad za određeno trajanje zadaće.

U američkoj terminologiji, bespilotna letjelica je letjelica ograničena na let u uvjetima bez naoblake, izvan nadziranog područja kontrole letenja unutar elektronske udaljenosti operatera od letjelice najčešće u ograničenom zračnom prostoru.

Prema definiciji, bespilotne letjelice (eng. UAV-Unmanned Aerial Vehicles) su daljinski upravljane ili samoupravljive letjelice koji mogu nositi koristan teret.

UAV-International kategorizira bespilotne letjelice na sljedeći način:

1. MICRO
2. MINI
3. CLOSE RANGE
4. SHORT RANGE
5. MEDIUM RANGE
6. MEDIUM RANGE ENDURANCE
7. LOW ALTITUDE DEEP PENETRATION
8. LOW ALTITUDE LOW ENDURANCE
9. MEDIUM ALTITUDE LONG ENDURANCE
10. HIGH ALTITUDE LONG ENDURANCE
11. UNMANNED COMBAT AIR VEHICLE
12. STRATOSPHERIC
13. EXO-STRATOSPHERIC
14. HIGH ALTITUDE
15. TESTBED

Budući da je gore navedena podjela dosta opširna, možemo ju spojiti u pojedine kategorije da se olakša snalaženje i ona glasi ovako:

1. MINI
2. SHORT RANGE
3. MEDIUM RANGE
4. HIGH ALTITUDE LONG ENDURANCE

Sustav bespilotnih letjelica dijeli se na 2 dijela:

- bespilotne letjelice
- upravljačke jedinice

Osnovna podjela bespilotnih letjelica je na:

- vojne
- civilne
- istraživačke

Osim osnovne podjele postoje i različite podjele prema doletu, pogonskoj skupini, masi i načinu upravljanja. Daljnja podjela je također kategorizirala UAV-International.

Prema doletu:

- mini letjelice
- letjelice kratkog doleta
- letjelice srednjeg doleta
- letjelice velikog doleta

Prema pogonu:

- motori sa unutarnjim izgaranjem
- turbo-prop pogon
- mlazni pogon
- alternativni pogon

Prema masi:

- < 150 kg
- 151 – 750 kg
- 751 – 5670 kg
- > 5670 kg

4. Mogućnosti primjene bespilotnih letjelica

4.1. Civilna zaštita

Sustav civilne zaštite obuhvaća mjere i aktivnosti (preventivne, planske, organizacijske, operativne, nadzorne i financijske) kojima se uređuju prava i obveze sudionika, ustroj i djelovanje svih dijelova sustava civilne zaštite i način povezivanja institucionalnih i funkcionalnih resursa sudionika, koji se međusobno nadopunjuju u jedinstvenu cjelinu radi zaštite i spašavanja građana, materijalnih i kulturnih dobara i okoliša od posljedica prirodnih i tehničko-tehnoloških velikih nesreća i katastrofa te otklanjanje posljedica terorizma i ratnih razaranja.

Određenim mjerama zaštite i spašavanja mogu se ukloniti ili u određenoj mjeri spriječiti loši učinci katastrofe. Zbog toga se u civilnu zaštitu uključuju i nove tehnologije kako bi se zadani ciljevi ostvarili u većoj mjeri.

Civilna zaštita ima veliku ulogu u katastrofama kao npr. poplave, požari, potresi itd. U slučaju poplave bespilotne letjelice mogu biti značajne pri izradi karata opasnosti, jedan od ciljeva Direktive o poplavama 2007/60/EG. One u kratkom vremenu mogu dati trodimenzionalnu poziciju, digitalni ortofoto i 3D modele, a 3D model mogu poslužiti za kasniju sanaciju pogođenog područja. Osim što bespilotne letjelice pomažu stručnjacima u razumijevanju razine rizika, također pomažu i pri evakuaciji pogođenog stanovništva na temelju ispravno utvrđenih i realnih opasnosti.

U sustavu civilne zaštite bespilotne letjelice koriste policija i vatrogasci.
Policija bespilotne letjelice koristi za praćenje i nadgledanje situacije prilikom pljačke, potjere, oružanog obračuna itd. Dok vatrogasci ih koriste u praćenju širenja požara te sukladno s time mogu djelovati u području na kojem će se požar proširiti, u prevenciji novog požara itd.

Kao što je već rečeno, njihove prednosti naspram ljudske posade u helikopteru ili manjem zrakoplovu su višestruke. Malih su dimenzija, tihe su (iznimno korisno tijekom policijske potjere), dugotrajne su i teško uočljive pogotovo u urbanom području (mnoštvo zgrada, plakata itd.).



Slika 14: policijska bespilotna letjelica u Ujedinjenom Kraljevstvu



Slika 15: vatrogasna bespilotna letjelica

4.2. Sigurnost i okoliš

Održavanje sigurnosti građana predstavlja složen sustav u kojem sudjeluju različite civilne i vojne organizacije. Kao jedan od bitnih čimbenika sigurnosti priznata je zračna komponenta za određenu vrstu i učestalost informacija uvedenih u mrežu sigurnosti za daljnje analize.

Praćenje obala u početku je bilo bitno zbog praćenja stanja okoliša obale. Danas se upotreba bespilotnih letjelica bazira na čuvanju morskih granica, pogotovo u državama poželjnim imigrantima. Bespilotnim letjelicama se uvelike smanjuje potreba za ljudstvom, nije potrebno toliko patrolnih brodova na granicama, te se troši manje sredstava iz proračuna koja se mogu iskoristiti u neke druge svrhe. Pomoću letjelica prate se nelegalne imigracije i obavještavaju nadležne u slučaju nesreće.



Slika 16: bespilotna letjelica korištena za detektiranje imigranata i zaštite granica

4.3. Agrikultura

Detaljan nadzor farme može omogućiti podatke u visokoj rezoluciji pomoću kojih je moguće otkriti bilokakav nepoželjan čimbenik. Moguće je kartiranje u planiranje sadnje, navodnjavanja i procjene prinosa usjeva. Za mjesta do kojih je teško doći zbog nepristupačnog terena koriste se bespilotne letjelice koje omogućavaju brz i jednostavan nadzor usjeva ili stoke, također se mogu primjenjivati i fungicida, herbicida itd. bez intervencije čovjeka na terenu.

Time se štedi na ljudstvu i vremenu, mnogo manje vremena je potrebno da se fungicid primjeni dronom nego ručno prskalicama. Osim što se štedi na vremenu, smanjena je ili nikakva mogućnost trovanja herbicidom ili fungicidom prilikom ručne prmjene.



Slika 17: primjena bespilotne letjelice u agrikuluturi

5. Primjena bespilotnih letjelica u šumarstvu

Izazov šumara i menađmenta u šumarstvu je održavanje zdravlja šuma i unaprjeđenje njihova stanja, a u isto vrijeme eksploataciju šume i šumskih dobara držati na ekološki prihvatljivom nivou.

Bespilotne letjelice se koriste dugi niz godina, i njihova upotreba se pokazala kao neizostavan dio motrenja šuma. Neke od mogućih primjena su:

- poboljšanje menađmenta u šumarstvu i planiranje
- aerofotogrametrijsko snimanje
- motrenje ilegalnih aktivnosti
- pomoć u održavanju zdravlja šuma brzim detektiranje određenog problema
- brzi odgovor na elementarnu nepogodu

5.1. Aerofotogrametrijsko snimanje

Aerofotogrametrijsko snimanje znači dobivanje aerosnimki snimanjem kamere pričvršćene na bespilotnu letjelicu.
Danas se aerosnimke primjenjuju na poslovima uređivanja šuma, izlučivanja sastojina i procjene sastojinskih parametara, osim što se koriste za državne šume, također mogu poslužiti i za uređenje i gospodarenje šuma privatnih šumoposjednika.

Uređajna inventarizacija

Izlučivanje sastojine

U poslovima uređajne inventarizacije koristimo aerosnimke kod izlučivanja sastojina na odjele i odsjeke pomoću stereoinstrumenata[4]. Benko je 1993.g. izradio delineiranu topografsku kartu s ucrtanim izlučenim sastojinama i njezinim dijelovima, koristeći vizualnu interpretaciju infracrvenih kolornih (ICK) aerosnimaka.
Izlučivanje sastojine se može provesti i vizualnom interpretacijom ICK aerosnimaka i to jednostavnim traženjem vidljivih razlika.
Klobučar je 2004.g. uspoređivao granice i površine odsjeka dobivenih na terena sa dobivenima na aerosnimkama.

Procjene sastojinskih parametara

Ispitivanje je proveo Lukić 1981.g., na primjeru šuma obične jele (Abies alba Mill.) gdje je ispitivao pouzdanost fotointerpretacijske inventure drvnih masa, procjenjivao je razliku broja krošanja na aerosnimkama u odnosu na broj stabala po ha utvrđen na terenu.
Kostijal je 1986.g. procjenjivao taksacijske elemente stabla na aerosnimkama u mjerilu 1:10000.
Još jedno istraživanje određivanja volumena, je proveo Kušan 1992.g., fotointerpretacijom aerosnimki, uz pomoć prirasno-prihodnih tablica.

Odnos sastojinskih veličina i veličina na aerosnimkama

Benko je 1995.g. istraživao odnos između volumena stabala hrasta lužnjaka (Quercus robur L.) i različitih varijabli stabla koje je mjerio na aerosnimkama pomoću analitičkog stereoinstrumenta.
Istraživanje odnosa između prsnih promjera, odnosno temeljnice mjerenih na terenu, te promjera krošnje odnosno površine projekcije krošnje mjerene na aerosnimkama provela je Pernar 1997.g.

Inventarizacija oštećenosti

Inventarizacija oštećenosti pomoću aerosnimaka bazira se na pretpostavci da između zdravih i oštećenih stabala postoje jednoznačne razlike u načinu preslikavanja na aerosnimkama, uvjetovane promijenjenim oblikom krošnje i promjenama u spektralnom sustavu reflektiranih Sunčevih zraka (Kalafadžić i Kušan 1990).
Inventarizacija oštećenosti šuma pomoću aerosnimaka temelji se na procjeni stupnja oštećenosti pojedinačnih stabala (krošanja) koja se vide na aerosnimkama. Veza između

[4] Instrumenti korišteni u stereofotogrametriji.
Stereofotogrametrija je poseban vid fotogrametrije, tehnika određivanja oblika ili drugih prostornih informacija o promatranom objektu ili terenu na osnovi snimanja i interpretacije dviju snimaka dobivenih s različitih mjesta snimanja.

stanja na terenu i na aerosnimkama, odnosno način preslikavanja pojedinih stupnjeva uspostavlja se pomoću pažljivo izrađenog fotointerpretacijskog ključa (Pernar i dr. 2007)

5.2. Motrenje ilegalnih aktivnosti

Šumska prostranstva su ogromna i nepregledna, te je nemoguće biti u isto vrijeme na više mjesta. Nedostatak šumskih rendžera, nepregledne i teško dostupne šume, nezainteresiranost nadležnih ustanova ili javnosti itd. otvorile su velike mogućnosti ilegalnim aktivnostima.
Bespilotnim letjelicama smanjuje se potreba za rendžerima, ali ih ne mogu u potpunosti zamijeniti.

Korištenjem bespilotnih letjelica moguće je lako i brzo detektirati bilokakvu ilegalnu radnju u šumi. U slučaju da je šuma jako gusta, postoje mini letjelice koje s lakoćom prolaze kroz gusti sklop krošanja. Također su opremljene kamerama koje snimaju sve što letjelice 'vide' i GPS sustavom. Dajući pravu sliku i mjesto zločina čime je omogućen brza intervencija.

Neke od ilegalnih aktivnosti su: sječa i odvoz drvne mase, skupljanje zaštićenih i ugroženih gljiva i biljaka, krivolov (kopneni i riječni), odlaganje otpada, podmetanje požara itd. Kod provođenja tih aktivnosti, bespilotne letjelice putem radijske frekvencije, izravnim putem ili preko satelita odašilju podatke koji se onda prosljeđuju nadležnim ustanovama te se kreće u akciju saniranja štete i traženja krivca.



Slika 18: primjena bespilotne letjelice u šumi

5.3. Brzi odgovor na elementarne nepogode

Elementarnom nepogodom, u smislu Zakona, o zaštiti od elementarnih nepogoda (s NN 73/97, 174/04) matra se iznenadna velika nesreća koja prekida normalno odvijanje života, uzrokuje žrtve, štetu većeg opsega na imovini i/ili njen gubitak, te štetu na infrastrukturi i/ili okolišu, u mjeri koja prelazi normalnu sposobnost zajednice da ih sama otkloni bez pomoći.

Elementarne nepogodne su učestala i uobičajena pojava u šumama, naročito uslijed klimatskih promjena. Može biti zahvaćeno malo područje, a ukoliko je zahvaćeno veliko područje proglašava se stanje elementarne nepogode.

U slučaju požara, poplava, napadu štetnika ili bolesti, erozija, potresa, vjetroloma ili ledoloma itd. bespilotne letjelice igraju veliku ulogu. Omogućavaju brzo ocjenjivanje stanja štete i zahvaćenosti, te procjenu, pomoći aerosnimki ili 3D modela, modela širenja npr. štetnika te u kojem smjeru treba djelovati da bi se suzbio. Također kao i u agrikulturi, i u šumarstvu se letjelicama mogu primjenjivati herbicidi ili fungicidi na velikim udaljenostima i u kratkome roku.

Odgovor na nekakvu nepogodu je brzo izlaženje na teren, saniranje i procjenjivanje štete.

6. Počeci primjene aerosnimaka u šumarstvu Hrvatske

Zahvaljujući razvoju bespilotnih letjelica, došlo je i do razvoja, točnije primjene aerosnimaka u Hrvatskoj. Bespilotne letjelice su se i ranije koristile u vojne svrhe ili civilne, ali zahvaljujući prof. dr. Zdenku Tomašegoviću našle su novi put u primjeni i to u šumarstvu. Pokazale su se jako korisnima jer pomoću kamera omogućavaju snimanje aerosnimaka preko kojih se dobivaju mnogi podaci potrebni za inventarizaciju šuma itd.

Pionirski rad prof. dr. Zdenka Tomašegovića počeo je 1950ih godina prošloga stoljeća proučavanjem primjene daljinskih istraživanja u šumarstvu. Istraživao je primjenu aerosnimaka metodama fotogrametrije i fotointerpretacije u šumarstvu. Shvatio je da je upotreba aerosnimaka raznolika. Kao što je procjena površine na aerosnimkama, korištenje i izrada fotoplanova, mogućnost procjene sastojinskih veličina, odnos između prsnog promjera, visine stabla i širine krošnje.

Zahvaljujući prof. dr. Tomašegoviću, napisani su mnogi radovi na temu primjene daljinskih istraživanja, a time i aerosnimaka u šumarstvu 1980ih i 1990ih godina 20. stoljeća. Radovi su napisani sa ciljem upoznavanja šumarskih inženjera u praksi sa svim mogućnostima primjene, daljinskih istraživanja i GlS-a. Tijekom tih 20ak godina izrađeno je nekoliko projekata za procjenu oštećenosti šuma pomoću infracrvenih kolornih aerosnimaka (ICK).

ICK aerosnimke se za procjenu oštećenosti šuma primjenjuju u Hrvatskoj od 1988. godine. U svim projektima koji su od tada provedeni upotrebljavao se film Kodak Aerochrome Infrared 2443 i kamera Zeiss LMK 305/23. Snimanja su obavljena u (1) šumama bukve (*Fagus sylvatica* L.) i jele (*Abies alba* Mill.) jugozapadne Hrvatske (Gorski kotar) i (2) nizinskim šumama hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Posavini. Pomoću tih snimaka

provedene su inventure oštećenosti šuma snimljenih područja, ali i istraživanja načina i pouzdanosti fotointerpretacije (Kalafadžić i dr. 1993a)
Između ostalog istraživani su i odnosi između sastojinskih veličina i veličina mjerljivih na aerosnimkama i time su započeta istraživanja primjene GIS tehnologije u šumarstvu.

7. Zakonska regulativa u primjeni bespilotnih letjelica

Za korištenje bespilotnih letjelica u aerofotogrametrijske svrhe potrebno je dobiti dozvole za letenje i snimanje od nadležnih institucija. Proces dobivanja tih dozvola je određen zakonskim normama propisanim od strane Vlade države na čijem teritoriju se vrše snimanja. U RH ovlaštena institucija za izdavanje dozvola je Državna geodetska uprava. Nakon dobivanja dozvola vrši se snimanje te nakon razvijanja aerosnimaka, fizička ili pravna osoba je dužna dostaviti aerosnimke Državnoj geodetskoj upravi. Upravi se dostavljaju na pregled u roku od 8 dana od razvijanja snimaka propisano Zakonom o obrani, NN 33/02.

Zahtjev za izdavanje odobrenja za potrebe razvijanja aerosnimaka koji se predaje Državnoj geodetskoj udruzi mora sadržavati:

- Podatke o naručitelju snimanja
- Podatke o izvršitelju snimanja i dokaz o registriranoj djelatnosti iz zraka izvršitelja snimanja (potrebno priložiti kopiju registracije pri Trgovačkom sudu)
- Podatke o izvršitelju razvijanja
- Podatke o vremenu snimanja
- Popis objekata, skicu ili kartu s označenim područjem snimanja
- Podatke o vrsti i mjerilu snimanja, kameri, žarišnoj daljini objektiva, filmu ili obliku zapisa (analogni/digitalni)
- Način čuvanja izvornih podataka snimanja

U slučaju snimanja pojedinih vojnih, telekomunikacijskih, energetskih i industrijskih objekata, Nacionalnih parkova, Parkova prirode i drugih zaštićenih prirodnih područja potrebno je i priložiti mišljenje korisnika, tj ustanove koja upravlja zaštićenim prirodnim područjima određeno Uredbom o snimanju iz zraka, NN 116/03.

Na internetskim stranicama Državne geodetske uprave se nalaze digitalni obrasci Zahtjeva za izdavanje odobrenja za razvijanje aerosnimaka, uz obrazac potrebno je priložiti dokaz o registriranoj djelatnosti snimanja iz zraka. Za letjelicu je potrebno priložiti kopiju Certifikata za obavljanje radova iz zraka s Operativnim specifikacijama koju izdaje Agencija za civilno zrakoplovstvo.

8. Zaključak

Danas se bespilotne letjelice upotrebljavaju u različite svrhe pa tako i za potrebe šumarstva. Prednost u njihovu korištenju je velika, učinkovite su, ekonomične, brze, lakše se pristupa nepristupačnom terenu bez da se ugrožava ljudski život. Također se štedi na novčanim sredstvima i utrošenom vremenu koje je višestruko kraće.

Zakonska regulativa za regulaciju bespilotnih letjelica je potrebna. Bez regulacije došlo bi do iskorištavanja bespilotnih letjelica u svrhe koje bi narušavale osobnu privatnost ili nešto još gore.

Nove tehnologije dopiru i do Hrvatske, te se i tu uviđaju pozitivne strane korištenja bespilotnih letjelica koje ne moraju nužno biti samo u vojne svrhe, kao što se u prošlosti većinom i događalo. Kao što razvoj zrakoplova omogućava razvoj potpuno nove vrste zrakoplova, a to je bespilotnih letjelica tj. dronova, tako razvoj fotografije omogućava razvoj aerosnimaka. Našle su svoje mjesto u svijetu kao sredstvo za dobivanje informacija do kojih bi se dolazilo mukotrpnijim putem.

Aerosnimke su naišle na primjenu i u šumarstvu u Hrvatskoj, no nažalost nisu zaživjele svoj puni potencijal.

U proteklih tridesetak godina u Hrvatskoj je proveden značajan broj istraživanja o različitim mogućnostima primjene aerosnimaka u uređivanju šuma. Iako su pojedina istraživanja pokazala dobre rezultate, te ukazala na mogućnost primjene daljinskih istraživanja u uređivanju šuma, do šire primjene u praksi nije došlo.

No kako tehnologija bespilotnih letjelica je sve dostupnija i raširenija, time i jeftinija jer postoji sve više proizvođača koji pružaju usluge izgradnje bespilotnih letjelica, tj. dronova, šira i učestalija primjena će uslijediti, a svjetski trend će pratiti i Hrvatska.

9. Literatura

1. Balenović, I., Benko, M. 2011: Prošlost, sadašnjost i budućnost primjene metoda daljinskih istraživanja pri inventuri šuma u Hrvatskoj, Šumarski List posebni broj, 272-281, Zagreb

2. Balenković, I., Marjanović, H., Benko, M. 2010: Primjena aerosnimaka u uređivanju šuma u Hrvatskoj, Šumarski List br. 11-12: 623-631

3. Govorčin, M., Kovačić, F., Žižić, I. 2012: Bespilotne letjelice SenseFly Swinglet CAM Ekscentar, br. 15, pp 62-68

4. Kušan, V. 1996: Pristup daljinskim istraživanjima i GIS-u u hrvatskome šumarstvu, Šumarski List br. 3-4: 171-178

5. Nikolić, V. 2015: Ispitivanje mogućnosti bespilotnih letjelica i pravna regulativa, Diplomski rad, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb

6. Velzek, M. 2005: Primjena bespilotnih letjelica u sustavu civilne zaštite, Diplomski rad, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb

Internetske stranice poznatog izvora

1. Cole, C.: Rise of the Reapers: A Brief History of Drones: 6.10.2014.
URL: https://dronewars.net/2014/10/06/rise-of-the-reapers-a-brief-history-of-drones/ (14.9.2016.)

2. Keane, J.F., Carr, S.S.: A Brief History of Early Unmanned Aircraft, Johns Hopkins APL Technical Digest, volume 32, No. 3 (2013)
URL: http://www.jhuapl.edu/techdigest/TD/td3203/32_03-Keane.pdf (22.9.2016.)

3.Naugton, Russel: Remoted Piloted Aerial Vehicles: An Anthology, 1999-2002
URL: http://www.ctie.monash.edu/hargrave/rpav_home.html#Beginnings (20.9.2016.)

4. Roesnblum, N., Grundberg, A., Newhall, B., Erich, H., Gernsheim, R.: History of Photography: 15.4.2015.
URL: https://www.britannica.com/technology/photography#ref886566 (1.9.2016.)

5. Sifton, John: A Brief History of Drones: 7.2.202.
URL: https://www.thenation.com/article/brief-history-drones/ (15.9.2016.)

Internetske stranice nepoznatog izvora

1. Harry Ransom Center: The University of Texas at Austin
URL: http://www.hrc.utexas.edu/exhibitions/ (28.8.2016.)

2. Hrvatska enciklopedija
URL: http://www.enciklopedija.hr/

3. North Star Gallery: A Brief History of Aerial Photograhy: 1998-2005
URL:
http://northstargallery.com/aerialphotography/history%20aerial%20photography/history.htm
(20.8.2016.)

4. Novadrone SL: 2016
URL: https://novadrone.com/en/applications/drone-for-forestry/

5.Zakon.hr: Pročišćeni tekstovi zakona: 2016
URL: http://www.zakon.hr/z/540/Zakon-o-za%C5%A1titi-od-elementarnih-nepogoda

Izvori slika

Slika 1: https://www.wikimedia.org/

Slika 2: https://www.wikimedia.org/

Slika 3: https://www.wikimedia.org/

Slika 4: https://www.wikimedia.org/

Slika 5: https://www.wikimedia.org/

Slika 6: http://www.thecoolist.com/7-high-tech-drones-for-sale-today/

Slika 7: http://www.uncommonthought.com/mtblog/archives/2004/12/04/more-on-unmanne.php

Slika 8: http://lewebpedagogique.com/blogphotoamy/la-premiere-image-photographique/

Slika 9: https://www.pinterest.com/pin/152981718569014885/

Slika 10: http://www.forensicgenealogy.info/contest_327_results.html

Slika 11: https://www.wikimedia.org/

Slika 12: http://www.full-stop.net/2015/03/26/blog/silvia-mollicchi/julius-neubronners-photographer-pigeons/

Slika 13: https://bs.wikipedia.org/wiki/Po%C4%8Detna_strana

Slika 14: http://www.telegraph.co.uk/technology/2016/04/18/drone-laws-in-the-uk--what-are-the-rules/

Slika 15: http://blog.purecommand.com/?tag=firefighting-drone

Slika 16: https://www.emaze.com/@AIQZROW/world-a-fair-

Slika 17: http://www.usnews.com/news/articles/2014/10/10/universities-use-drones-for-disaster-response-agriculture-and-energy-research

Slika 18: http://www.ambientflight.com/2015/10/page/2/