

Dronelapse fotografija

Jerger, Tin

Master's thesis / Diplomski rad

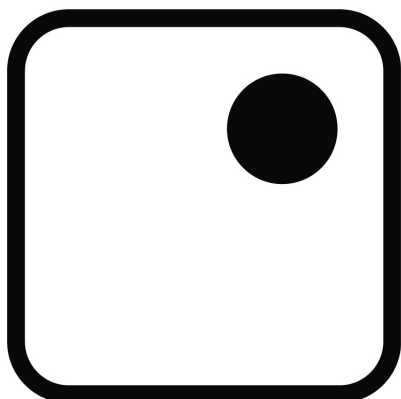
2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:965482>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-31**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET

TIN JERGER

DRONELAPSE FOTOGRAFIJA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET

TIN JERGER

DRONELAPSE FOTOGRAFIJA

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Izv.prof.dr.sc. Maja Strgar Kurečić

Student:

Tin Jerger

Zagreb, 2020.

Rješenje o odobrenju teme diplomskog rada

SAŽETAK

U posljednjih nekoliko godina, uz pomoć napretka tehnologije, još se jedna uzbudljiva tehnika fotografiranja povukla iz relativno nedostupne i nepoznate u vrlo pristupačnu i popularnu. Riječ je o zračnoj fotografiji i videografiji. *Drone* je pojam u zrakoplovstvu koji se odnosi na bespilotnu letjelicu, upravljanu od strane računalne jedinice ili daljinskog upravljača (RC). U počecima dronovi su se koristili u vojne svrhe, a prvi put je ciljano korišten sredinom 1930-ih godina kao daljinski upravljana meta za vježbu britanskih ratnih pilota. U novije vrijeme pojam dron je postao uobičajen naziv za bespilotne letjelice te svoju namjenu, osim u vojne, počinje imati sve češće i u civilne svrhe. DJI Phantom pokrenuo je revoluciju i promijenio stvari pružajući gotovu platformu za kamere s kojom je bilo lako letjeti. Najvažniji dio zračne fotografije je oprema, bez nje ne možemo letjeti niti snimati. Uz opremu, praksa, upornost i kreativnost su ključ u postizanju sjajnih snimaka. Kroz cijeli diplomski rad bazirat ćemo se na DJI platformu. Osim DJI platforme svi uvjeti i načela su primjenjivi na sve dronove dostupne danas, kao i u bliskoj budućnosti. Dronelapse koristi istu tehniku fotografiranja kao timelapse, ali umjesto fiksnog stajališta, kamera se kreće pomoću bespilotne letjelice – drona. Upravo zbog toga se smatra najnaprednijom tehnikom timelapsea, u kojoj se za svako okidanje fotografije mijenja položaj kamere u zraku. Za razliku od timelapse fotografije, dronelapse tehnika je puno složeniji i kompleksniji proces jer dodajemo prostornu komponentu.. Krajnji rezultat spajanja svih fotografija fluidan je video, koji daje dojam brzog prolaska vremena i velike brzine. Istraživanje unutar diplomskog rada temelji se na snimanju dronelapse fotografije osobnim dronom marke DJI Phantom 4 Adv. Detaljnim istraživanjem i analizom postavljeni su standardi intervala drona i ekspozicije fotoaparata za dobivanje najboljih rezultata kod snimanja dronelapse fotografije.

Ključne riječi:

Dron, Timelapse, Dronelapse, DJI, fotografija, ekspozicija fotoaparata

ABSTRACT

In the past few years, with the advancement of technology, another exciting technique of photography has taken off from the almost inaccessible and unknown, to the very affordable and popular. It is aerial photography and videography. Drone is a term in aviation that refers to an unmanned aerial vehicle, operated by a computer unit or a remote control (RC). Initially, drones were used for military purposes and were first used in the mid-1930s as a remotely operated target for the exercise of British war pilots. More recently the term drone has become a common name for unmanned aerial vehicles, and its purpose, except for the military, is becoming more common for civilian purposes. The DJI Phantom started the revolution and changed things by providing a ready-to-fly platform for cameras that was easy to fly. The most important part of aerial photography is the equipment, without it we cannot fly or take shots. With equipment, practice, persistence and creativity are the keys to getting great shots. Throughout my thesis we will be based on the DJI platform. Except for the DJI platform, all conditions and principles are applicable to all drones available today, as well as in the near future. Dronelapse uses the same photography technique as timelapse, but instead of a fixed point, the camera moves with the help of a drone. This is why it is considered the most advanced timelapse technique, in which the position of the camera in the air changes for each shot. Unlike timelapse photography, dronelapse technique is a much more complicated process because we add a spatial component. The final result of merging all photos is fluid video, which gives the impression of rapid passage of time and high speed. The research within the thesis is based on taking a dronelapse photos with a personal drone DJI Phantom 4 Adv. Detailed research and analysis have set standards for drone intervals and camera exposure for best results when shooting dronelapse photography.

Keywords:

Drone, Timelapse, Dronelapse, DJI, photography, camera exposure

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. POVIJEST ZRAČNE FOTOGRAFIJE	2
3. DRONOVI	3
3.1. Vrste dronova	3
3.1.1. Multirotori	3
3.1.2. Dronovi s jednim rotorom	4
3.1.3. Dronovi s fiksnim krilima	5
3.1.4. Hibridni dronovi	6
3.2. Dronovi i oprema	7
3.3. DJI	8
3.3.1. Phantom serija	8
4. PRAVILNICI ZA UPRAVLJANJE DRONOVIMA	11
4.1. Visoka regularnost	12
4.2. Dokumentacija potrebna za upravljanje dronom	13
5. FOTOGRAFSKE TEHNIKE KOD NASTANKA VIDEOZAPISA	15
6. BROJ SLIČICA U SEKUNDI (fps)	15
7. TIMELAPSE FOTOGRAFIJA	17
7.1. Povijest timelapse fotografije	17
7.2. Snimanje timelapse fotografije	18
7.3. Plan i priprema snimanja timelapse fotografije	19
8. DRONELAPSE FOTOGRAFIJA	21
9. PRAKTIČNI DIO	23
9.1. Oprema, DJI Phantom 4 Adv	23
9.1.1. Kamera	24
9.1.2. Pametna baterija	27
9.2. Odabir scene snimanja	28
9.2.1. Postavke intervala i ekspozicije	29
10. POSTPRODUKCIJA	30
10.1. Korekcija boje i uvoz fotografija	30
10.1.1. Stabilizacija	31
10.1.2. Eksport videozapisa	31
11. POTENCIJALNI PROBLEMI KOD LETA DRONOM.....	33
12. ZAKLJUČAK.....	34

13. LITERATURA	35
----------------------	----

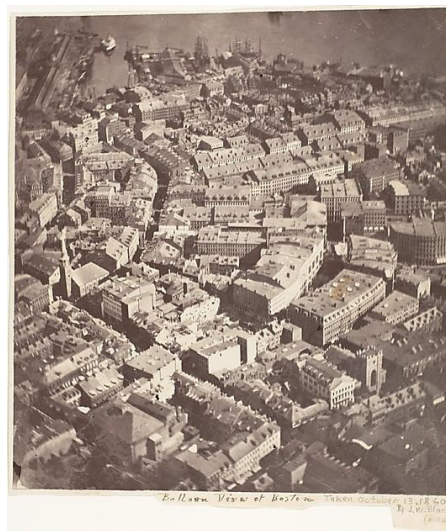
1. UVOD

Tehnološki napredak na polju fotografije i videografije u proteklom desetljeću je nevjerojatno velik. Fotoaparati i kamere iz godine u godinu drastično poboljšavaju svoju kvalitetu i opcije. Korisnici pametnih telefona, kojih bilježimo sad već u milijardama, svakodnevno snime više od dvije milijarde fotografija, koje kasnije dijele putem društvenih mreža.

U posljednjih nekoliko godina, uz pomoć napretka tehnologije, još se jedna uzbudljiva tehnika fotografiranja povukla iz relativno nedostupne i nepoznate u vrlo pristupačnu i popularnu. Riječ je o zračnoj fotografiji i videografiji. Беспilотне летјелісе (RC) iznenada su se pojavile na tržištu 2013. godine kao gotovi (RTF) proizvodi sposobni nositi male fotoaparate. I dok su helikopteri s većim kamerama godinama bili korišteni od strane Hollywood-a za snimanje zračnih snimaka za filmove, normalni potrošači rijetko su mogli koristiti tu tehnologiju zbog njezine složene prirode i visokih troškova. Беспilотне летјелісе (RC) predstavljene 2013. godine bile su cjenovno pristupačne i relativno jednostavne za korištenje; odjednom su nove zračne perspektive postale dostupne svima, a uzbuđenje predstavljanjem istih rezultiralo je eksplozijom uporabe беспilотних летјеліса - dronova kao platformi za nošenje zračnih kamera.

2. POVIJEST ZRAČNE FOTOGRAFIJE

Zračna fotografija prvi puta je prakticirana od strane Francuskog fotografa Gaspareda - Felixa Tournachona 1858. godine iznad Pariza, no te fotografije više ne postoje, tako da možemo reći da je „Boston, as the Eagle and the Wild Goose See It“ naranija preživjela zračna fotografija do danas. Autori fotografije su Samuel Archer King i James Wallace Black, a fotografija je nastala 1860. godine te prikazuje Boston. Fotografirana je s visine od 630 m. Tijekom Prvog svjetskog rata uporaba zračne fotografije postaje sve češća, gotovo svaki izviđački zrakoplov je bio opremljen kamerom za snimanje neprijateljskih utvrda. Njemačka je prvu zračnu kameru usvojila 1913. godine. Francuska je započela rat s nekoliko zrakoplovnih eskadrila, koje su bile opremljene kamerama za izviđanje. Do kraja rata zračna fotografija je dokazala svoju glavnu vojnu vrijednost te su od početka sukoba obje strane napravile više od pola milijuna fotografija. Prvo komercijalna kompanija za zračnu fotografiju u Velikoj Britaniji bila je Aerofilms Ltd, koju su osnovali 1919. godine veterani Prvog svjetskog rata Francis Wills i Claude Graham White. Kompanija se jako brzo širi te dobiva ugovore za velike poslove fotogrametrije (mapiranje iz vertikalnih zračnih fotografija) u Africi i Aziji, kao i u Velikoj Britaniji [1].



Slika 1. Prva preživjela zračna fotografija „Boston, as the Eagle and the Wild Goose See It“

Izvor: <https://www.metmuseum.org/art/collection/search/283189>
(preuzeto 24.11.2019.)

3. DRONOVİ

Drone je pojam u zrakoplovstvu koji se odnosi na bespilotnu letjelicu upravljanu od strane računalne jedinice ili daljinskog upravljača (RC). U počecima dronovi su se koristili u vojne svrhe, a prvi put je ciljano korišten sredinom 1930-ih godina kao daljinski upravljana meta za vježbu britanskih ratnih pilota.

U novije vrijeme pojam dron je postao uobičajen naziv za bespilotne letjelice te svoju namjenu, osim u vojne, počinje sve češće imati i u civilne svrhe. U kontekstu zračne fotografije i videografije, dron je pojam za multirotores, koji su jednostavno helikopteri koji sadrže više rotora odnosno propelera. Multirotores se obično prodaju u trgovinama kao quadcopteri, koji su simetričnog dizajna i koriste četiri motora te četiri propelera za let. Hexacopteri i octocopteri su također uobičajeni u primjeni za snimanje iz zraka, ali se koriste većinom u specijaliziranim uvjetima [2].

3.1. Vrste dronova

3.1.1. *Multirotores*

Multirotores postoje više od 100 godina. Godine 1907., francuski dizajner zrakoplova Louis Breguet izradio je Breguet-Richet, letjelicu s četiri elise s namjenom prijevoza ljudi. Iako je let prošao neuspješno, to je bio najraniji pokušaj izgradnje multirotores [3].

Multirotores je moguće klasificirati na temelju broja elisa na zračnoj platformi. Tricopteri imaju tri elise, quadcopteri imaju četiri elise, hexacopteri imaju šest, a octocopteri osam elisa. Quadcopteri su najpopularniji i najčešće korišteni. Od 2015. godine uvelike raste potražnja za letjelicama s četiri elise te gotovo svi dronovi koji su nosili kamere bili su quadcopteri, od najsitnijih letećih igračaka promjera jedva par centimetara do većih profesionalnih dronova koji su bili pogodni za snimanje ozbiljnijih fotografija iz zraka. Iako na tržištu postoji mnogo brendova, zapravo postoji samo nekoliko proizvođača koji proizvode platforme koje nam omogućuju snimanje korisnih fotografija i videozapisa iz zraka [3].

Najveći nedostatak multirotora je vrijeme trajanja baterije odnosno vrijeme leta, smanjena izdržljivost i brzina. Nisu pogodni za istraživanje na daljinu, mapiranje ili inspekciju. Većina energije iz baterije potroši se na održavanje drona u stabilnoj poziciji leta. Trenutno maksimalno vrijeme letenja multirotora je 20 do 30 minuta ovisno o otporu vjetra, modelu i nosivom teretu [3].



Slika 2. Multirotor s 4 elise

Izvor: <https://www.geekyviews.com/reviews/dji-phantom-4-advanced-review/>

(preuzeto 25.11.2019.)

3.1.2. Dronovi s jednim rotorom

Multirotori koriste princip s većim brojem elisa kako bi generirali vertikalno podizanje, u odnosu na dronove s jednom rotorom, koji koriste samo jedan zajedno s repnom elisom koja služi za kontroliranje smjera. Dronovi s jednim rotorom su vrlo česti u zračnom prometu u let s pilotom, ali vrlo rijetko u verziji kao bespilotna letjelica. Dronovi s jednim rotorom mogu imati motore na benzin s kojima mogu prelaziti puno veće udaljenosti u odnosu na multirotore. Upravo zbog samo jedne velike elise koja efikasnije generira potisak, izdržljiviji su za nošenje većeg tereta u kombinaciji s većim udaljenostima. Za razliku od dronova s fiksnim krilima, dronove s jednim rotorom lakše

je upravljati, te im let u jednoj točki nije problem. Za razliku od multirotora, dronovi s jednim rotorom imaju manju stabilnost prilikom leta i zahtijevaju veće sposobnosti upravljanja da bi se održali u zraku [3].



Slika 3. Dron s jednim rotorom

Izvor: <https://www.droneomega.com/types-of-drones/>

(preuzeto 24.11.2019.)

3.1.3. Dronovi s fiksnim krilima

Dronovi s fiksnim krilima su jedna od vrste dronova koja koristi iste principe za polijetanje i slijetanje kao zrakoplovi, koristeći krila umjesto rotora te stvarajući vertikalni potisak. Vertikalno podizanje nastaje kao posljedica kretanja krila kroz zrak prema naprijed, što ih čini učinkovitijim načinom generiranja vertikalnog podizanja. Dronovi s fiksnim krilima mogu prelaziti velike udaljenosti i time obuhvatiti šira područja na karti. Ova vrsta dronova je u mogućnosti koristiti i motore na benzin, te zbog energetske gustoće ove vrste goriva mogu ostati u zraku više od 15 sati [3].

Najveći nedostatak dronova s fiksnim krilima je nemogućnost održavanja leta u jednoj točki, što ih čini nepodobnima za snimanje zračne fotografije ili videa. Polijetanje i slijetanje ovih dronova također je zahtjevnije te im je kod dizanja u zrak potrebna pista

ili neka vrsta katapult. Da bi se dron sigurno spustio potrebna je pista ili padobran. Dronovi s fiksnim krilima skuplji su za let i puno teži za upravljanje u odnosu na multirotore [3].



Slika 4. Dron s fiksnim krilima

Izvor: <https://www.droneomega.com/types-of-drones/>

(preuzeto 24.11.2019.)

3.1.4. Hibridni dronovi

Razvija se i nova kategorija hibridnih bespilotnih dronova koja može vertikalno poletjeti i sletjeti. Ovi dronovi ujedinjuju sve prednosti od multirotora i dronova s fiksnim krilima. Postoji više vrsta koncepata hibridnih dronova, jedna vrsta su samo dronovi s fiksnim krilima koji koriste rotore za vertikalni potisak, dok drugi koncept koristi rep, kao kod zrakoplova, koji služi za uspravan let kod polijetanja. Postoji i koncept hibridnih dronova koji imaju rotore koji mogu biti usmjereni prema gore kod polietanja, a kasnije i vodoravno za let naprijed. Neki od ovih koncepata nastali su 1950-tih godina, ali smatrani su suviše složenima i teškim za letenje. Mnogi su testni letovi završavali s katastrofalnim rezultatima. Pojava modernih letačkih računala i naprednih senzora danas omogućuje ovim dronovima automatiziran let. Kako tehnologija napreduje, za očekivati je da će se ovakvi koncepti hibridnih dronova pojavljivati sve više na tržištu [3].

Popularan primjer ovakve letjelice je Amazonov Prime Air Delivery dron, koji može odrađivati različite funkcije dostavljanja robe kao što je dostava određenih artikala na vrata, svega par sati nakon što je artikl online naručen [3].



Slika 5. Hibridni dron

Izvor: <https://www.droneomega.com/types-of-drones/>

(preuzeto 24.11.2019.)

3.2. Dronovi i oprema

Najvažniji dio zračne fotografije je oprema, bez koje ne možemo letjeti niti snimati. Kako bismo postigli sjajne snimke ne trebamo najbolju i najskuplju opremu, nego opremu adekvatnu za ono što želimo snimati. Strast, praksa, upornost i kreativnost su ključ u postizanju sjajnih snimaka. Međutim, sav talent svijeta neće nam donijeti sjajne zračne snimke ako upalimo kameru na mobilnom telefonu i bacimo ga u zrak koliko god možemo. U ovom poglavlju, kao i kroz cijeli diplomski rad bazirat ćemo se na DJI platformu, trenutno vodeću kompaniju u proizvodnji dronova. Osim DJI platforme svi uvjeti i načela su primjenjivi na sve dronove dostupne danas, kao i u bliskoj budućnosti.

3.3. DJI

Prije pojave dronova koji su bili spremni za let odmah nakon kupnje (RTF), ljudi su sastavljali svoje bespilotne letjelice i upravljali njima. Čitava generacija fotografa i videografa željela je snimati iz zraka, ali većina ih se nije željela upuštati u lemljenje elektronike i sastavljanje bespilotnih letjelica. DJI Phantom pokrenuo je revoluciju i promijenio stvari pružajući gotovu platformu za kamere s kojom je bilo lako letjeti. DJI je trenutno svjetski lider u proizvodnji platformi za zračno snimanje, bez naznaka da bi se to skoro moglo promijeniti [4].

3.3.1. *Phantom serija*

Kao što je već napomenuto, DJI je vodeća firma u svijetu i upravo je njihov prvi Phantom pokrenuo revoluciju u zračnom snimanju. Phantom 1 po izlasku je bio vrlo tehnološki razvijen hardver, koji je uspio podići GoPro kameru u zrak te nije dolazio s integriranom kamerom, već je imao prazno kućište povezano na 2-osni stabilizator (gimbal) . Za razliku od drugih bespilotnih letjelica prije, Phantom je koristio svoj Naza-M sustav, koji se spajao na satelite i tako uvelike olakšavao kontrolu i stabilnost u letu [5].



Slika 6. DJI Phantom serije 1

Izvor: <https://www.dji.com/hr/phantom/>

(preuzeto 28.11.2019.)

Phantom 2 je bio sljedeći model koji je imao jače motore i bateriju koja je bila jednostavnija za spajanje. Najveća nadogradnja u odnosu na prošli model bila je dodatna os na stabilizatoru (gimblu). 3-osni stabilizator uklonio je vibracije i omogućio je glađe pokrete kamere bez „žele“ efekta. Phantom modeli 1 i 2 nisu imali FPV (First Person View) opciju koja bi omogućila korisniku da uživo vidi ono što i snima putem aplikacije na mobilnom uređaju [6].

Vision 2 je prvi model koji je imao integriranu kameru koju je bilo moguće kontrolirati putem aplikacije. Najveća mana mu je bila izostanak stabilizatora kamere (gimbla) te snimke nisu bile dovoljno stabilne za korištenje [7].

Phantom 2 Vision + je prvi model koji je imao integriranu kameru s ugrađenim 3-osnim stabilizatorom i poboljšanu aplikaciju za više kontrole. Jedina mana mu je bila kamera, koja je bila osjetno lošija nego GoPro kamere, koje su se stavljale na modele 1 i 2 [8].



Slika 7. DJI Phantom serije 2 Vision +

Izvor: <https://www.dji.com/hr/phantom-2-vision-plus/>

(preuzeto 5.12.2019.)

Izlaskom modela Phantom 3, DJI pokriva sve nedostatke koje su imali prethodni modeli te omogućava laku izradu profesionalnu fotografija i videozapisa. Redizajniranim daljanskim upravljačem kontrola leta se uvelike poboljšava, većom snagom baterije

produžava se i vrijeme leta. Aplikacija omogućuje kristalni HD prikaz signala na zaslonu mobitela bez ikakvog kašnjenja slike [9].

Godinu dana od izlaska Phantom 3 serije, izlazi Phantom 4. Phantom 4 dolazi sa nadograđenim motorima, elisama, poboljšanim stabilizatorom u 3-osi i boljom aerodinamikom tijela sa višim centrom gravitacije, koja omogućuje bolji balans i stabilnost. Veliki dodatak ovom modelu su senzori, koji omogućuju prepoznavanje prepreka te tako izbjegavaju sudar. Senzori mogu detektirati zidove, drveća, osobe i slično, a opcije mogu sadržavati stajanje, prelijetanje preko ili oko prepreke pa čak i mijenjanje smjera drona. Također, Phantom 4 može slijediti objekt koji se kreće pomoću opcije Active Track [10].



Slika 8. Opcija Active Track na modelu DJI Phantom 4

Izvor: <https://www.dji.com/hr/phantom-4/>

(preuzeto 7.12.2019.)



Slika 9. DJI Phantom serije 4

Izvor: <https://www.dji.com/hr/phantom-4/>

(preuzeto 7.12.2019.)

4. PRAVILNICI ZA UPRAVLJANJE DRONOM

Rukovatelj dronom, prema Pravilniku o sustavima bespilotnih zrakoplova, mora osigurati da se let bespilotnog zrakoplova izvodi na način da ne predstavlja opasnost za život, zdravlje ili imovinu ljudi zbog udara ili gubitka kontrole nad sustavom bespilotnog zrakoplova i da ne ugrožava ili ne ometa javni red i mir. Let se mora odvijati danju. Prije leta obvezno je prikupiti sve potrebne informacije za planirani let i uvjeriti se da meteorološki i ostali uvjeti u području leta osiguravaju sigurno izvođenje leta. Tijekom leta rukovatelj mora osigurati sigurnu udaljenost bespilotnog zrakoplova od ljudi, životinja, objekata, vozila, plovila, drugih zrakoplova, cesta, željezničkih pruga, vodenih putova ili dalekovoda, ne manju od 30 metara, a od skupine ljudi 150 metara [11].

Bespilotni zrakoplovi podijeljeni su u kategorije – do 5, 25 i do 150 kilograma. Njihova uporaba klasificirana je prema izgrađenosti, naseljenosti i nazočnosti ljudi na području leta. Tu su četiri klase – područja u kojima nema izdignutih građevina ni ljudi, područja s građevinama, ali nema ljudi, osim prolaznika, područja u kojima postoje građevine namijenjene za stanovanje te područje uskih urbanih zona poput središta

gradova. Sankcije za prekršitelje Pravilnika o sustavima bespilotnih zrakoplova primjenjuju se prema prekršajnim odredbama Zakona o zračnom prometu [11].

Dodatak 1 - Kategorije letačkih operacija

Klasa sustava bespilotnog zrakoplova	Klasa područja izvođenja letenja			
	I Neizgrađeno područje	II Izgrađeno nenaseljeno područje	III Naseljeno područje	IV Gusto naseljeno područje
5 OM < 5 kg	A	A	B	C
25 5 ≤ OM < 25 kg	A	B	C	D
150 25 ≤ OM ≤ 150 kg	B	C	D	D

Slika 10. Prikaz kategorija bespilotnih letjelica

Izvor: <http://www.tmhdizajn.com/zakonska-regulativa/>

(preuzeto 7.12.2019.)

4.1. Visoka regularnost

Pravilnikom se definiraju tipovi i vrste letjelica, kategorije letačkih operacija, obvezno osiguranje u skladu s propisom kojim se uređuju obvezna osiguranja i promet, dopuštenje za upotrebu radiofrekvencijskog spektra za uređaje koje koristi bespilotna letjelica (upravljanje, preuzimanje video signala i sl.) i označavanje letjelica težih od 5 kilograma. Usprkos tome što dronovi na koje se svi pozivaju, iako je zapravo riječ o bespilotnim letjelicama, imaju i svjetla za označavanje, ipak neće smjeti letjeti noću. Pravilnik vrlo jasno definira i klasifikaciju područja letenja i to kroz 4 klase:

1. Klasa I – Neizgrađeno područje: Područje u kojem nema izdignutih građevina ili objekata i u kojem nema ljudi, osim rukovatelja i osoblja koje je nužno za letenje.

2. Klasa II – Izgrađeno nenaseljeno područje: Područje u kojem postoje pomoćni gospodarski objekti ili građevine koje nisu namijenjene za boravak ljudi i u kojem nema ljudi, osim rukovatelja i osoblja koje je nužno za letenje. Dozvoljen je samo povremeni prolazak, bez zadržavanja, ljudi kroz područje (biciklisti, šetači i sl.).

3. Klasa III – Naseljeno područje: Područje u kojem postoje građevine ili objekti primarno namijenjeni za stanovanje, poslovanje ili rekreaciju (stambene zgrade, stambene kuće, škole, uredi, sportski tereni, parkovi i slično).

4. Klasa IV – Gusto naseljeno područje: Područje uskih urbanih zona (središta gradova, naselja i mjesta)

Vrlo važno je da pilot mora osigurati da se let bespilotnog zrakoplova odvija na udaljenosti najmanje 3 km od aerodroma i prilazne ili odlazne ravnine aerodroma, osim u slučaju kada su posebno predviđene procedure za letenje bespilotnih zrakoplova definirane napatkom za korištenje aerodroma [11].

Noviji modeli dronova poput DJI imaju već u sebi na osnovu GPS pozicije ugrađeni tzv. „No Fly Zone“ u blizini zračnih luka tako da je, primjerice, nemoguće poletjeti u blizini Zagrebačke zračne luke Pleso. To je opcija koja će mnogima jako dobro doći jer se dron sam spušta ukoliko se približi „No Fly“ zoni.

Vrijedi spomenuti da mnogi dronovi imaju i opciju „Home“ (RTH – return home – navigacija s povratkom „kući“) koja omogućuje povratak na mjesto polijetanja ili mjesto gdje se nalazi pilot odnosno operater.

4.2. Dokumentacija potrebna za upravljanje dronom

Kako bi se moglo letjeti morat će se poštovati neka vrlo stroga pravila i imati dokumentaciju za letenje. U Pravilniku kojeg je objavila Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo, to se vrlo jasno određuje. Članak 20. kaže kako je obvezna dokumentacija pri izvođenju letačkih operacija. Prilikom izvođenja letačkih operacija rukovatelj je odgovoran da sa sobom ima sljedeće dokumente: letački priručnik ili upute za upotrebu sustava bespilotnog zrakoplova, izvornik ili ovjerenu presliku odobrenja za izvođenje letačkih operacija, ako je primjenjivo, policu osiguranja, kada je primjenjivo, za

kategorije A i B letačkih operacija, dokaz o poznavanju primjenjivih zrakoplovnih propisa, psihofizičkoj sposobnosti i osposobljenosti za upravljanje tipom/modelom sustava bespilotnog zrakoplova, za kategorije C i D letačkih operacija: operativni priručnik, dokaz o osposobljenosti za upravljanje sustavom, pilotsku dozvolu ili potvrdu o položenom teorijskom ispitu iz poznavanja pravila letenja koji provodi Agencija i dokaz o psihofizičkoj sposobnosti za upravljanje sustavom bespilotnog zrakoplova [11].

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

Slika 11. Prikaz kategorija i dozvola/zabrana za bespilotne letjelice

Izvor: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_11_104_2040.html/

(preuzeto 5.12.2019.)

5. FOTOGRAFSKE TEHNIKE KOD NASTANKA VIDEOZAPISA

Kroz povijest fotoaparati i videokamere bili su dvije različite tehnologije te su se i razvijale odvojeno. Pojavom i razvojem digitalizacije to više nije tako. Danas postoje uređaji koji u jednom tijelu imaju spojene te dvije tehnologije, odnosno uređaji koji mogu fotografirati i snimati. Naime, 2009. godine na tržištu se pojavio prvi DSLR fotoaparat koji je imao mogućnost snimanja videa u full HD rezoluciji, a njime su snimani mnogi visokobudžetni filmovi, reklame, glazbeni spotovi i serije. Razlog tome su praktičnost dva uređaja u jednome. Stabilizatori u kućištima i objektivima, pristupačna cijena, profesionalna kvaliteta, težina, promjenjivi objektiv i mnogobrojna dodatna i dostupnija oprema. U počecima DSLR fotoaparati imali su mnogo mana, pregrijavanje senzora te digitalni šum kod veće ISO osjetljivosti. S godinama se to promijenilo te danas možemo reći kako neki fotografski aparati rade bolje videozapise od profesionalnih kamera. DSLR postao popularan i kod amatera i kod profesionalaca, mnogi su počeli eksperimentirati njihovim mogućnostima te su nas doveli do mnogih fotografskih tehnika koje se danas koriste. Videozapisi koji sadrže tehnike kao npr. timelapse i dronelapse izgledaju efektivnije, modernije, a s time i profesionalnije [12].

U nastavku diplomskog rada ćemo detaljnije opisati i objasniti svaku od gore navedenih fotografskih tehnika.

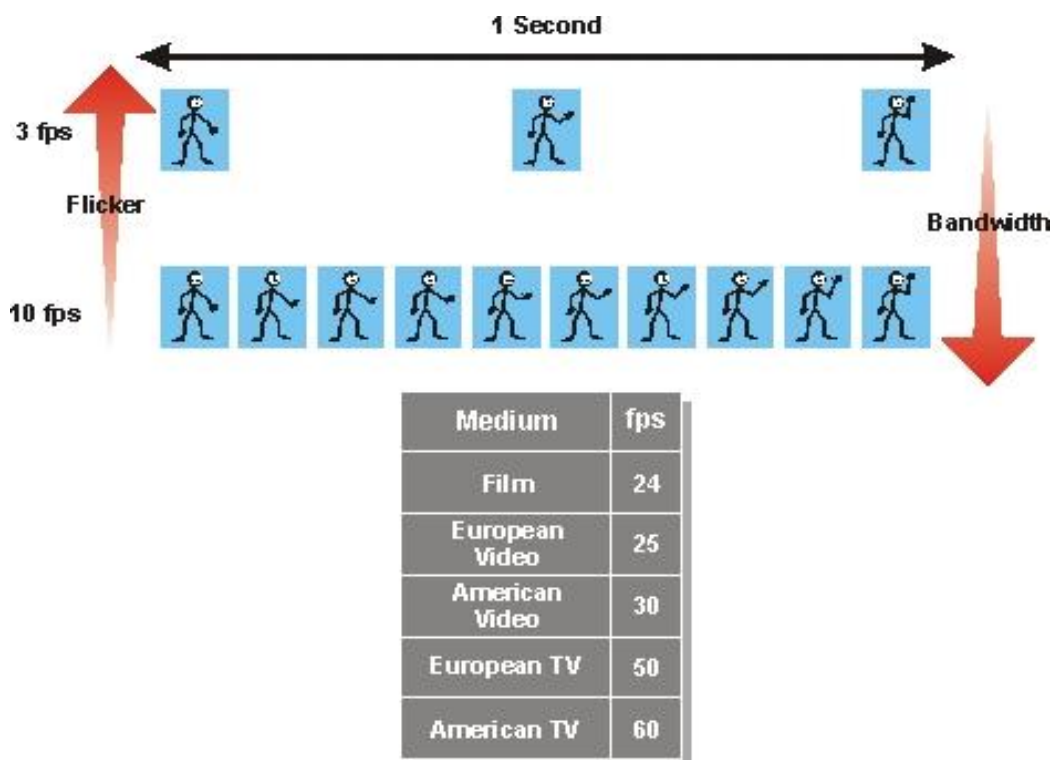
6. BROJ SLIČICA U SEKUNDI (fps)

Broj sličica u sekundi (fps) je broj frekvencijskih okvira ili slika koje se projiciraju i prikazuju u sekundi. Svaka sličica je fotografija koja u brzom slijedu stvara iluziju pokreta. Koriste se u sinkronizaciji zvuka i slike te se izravno odnose na percipiranje glatkoće reprodukcije projekcije. Frame rate se najčešće izražava u sličicama u sekundi (FPS). Što je veći broj sličica u sekundi, video reprodukcija je glađa. U filmskoj i TV industriji okviri su standardizirani. Profesionalni filmski frame rate je 24 ili 48 sličica („Hobbit“ Petera Jacksona), dok za TV je 30 sličica u sekundi. Ovdje je potrebno

spomenuti još jedan detalj. U filmskoj industriji 24 sličice u sekundi se nešto razlikuju u odnosu na video industriju i to u dijelu dubinske oštine koja ima veze s frame rate-om. Filmovi se obično snimaju s filmskim kamerama koje imaju velike senzore pa tako omogućavaju snimanje plitke dubinske oštine, gdje su fokusirani predmeti oštri, a pozadina mutna. Za razliku od filma, video u smartphoneima ili tabletima ima male digitalne senzore. Zato će video snimljen na smartphoneu imati većinu vremena subjekt i pozadinu istovremeno u fokusu, za razliku od snimanja filmskim kamerama.

25p (25 fps) je progresivni format čija brzina potječe od PAL TV standarda i često se koristi kako bi se postigao filmski izgled projekcije. Ovaj broj sličica je također bolji za gledanje na LCD monitorima i projektorima jer nema prepletanje (Interlaced scan) [13].

30p (30 fps) ima manje vidljiva podrhtavanja projekcije od 24p. 50p/60p je progresivni format koji se koristi u high - end HDTV sustavima. U Europi bi 50p trebao postati idući standardni korak sustava za TV prijenose. 72p je još uvijek u eksperimentalnoj fazi. To je maksimalna brzina dostupna u datoteci WMV video formata [13].



Slika 12. Standardi za broj sličica u sekundi u svijetu

Izvor: <https://www.racunalo.com/sto-je-video-frame-rate-24p-25p-30p-60p-ucimo-zajedno/>

(preuzeto 20.12.2019.)

7. TIMELAPSE FOTOGRAFIJA

Engleski izraz timelapse možemo prevesti na hrvatski jezik kao prolaz vremena. Osnovna svrha primjene timelapse fotografije je prikazati mogućnost manipuliranja vremenom. Timelapse fotografijom možemo prikazati događaje koji su u stvarnosti trajali nekoliko sati ili dana, u svega nekoliko sekundi ili minuta.

7.1. Povijest timelapse fotografije

Godine 1872. Leland Stanford poziva fotografa Eadwearda Muybridgea na svoje konjsko trkalište te mu nudi novac kako bi dokazao njegovu tvrdnju da postoji trenutak kada su tijekom konjske utrke sva četiri kopita konja u zraku. Kako bi došao do dokaza, Eadweard Muybridge je izradio shemu za fotografiranje pokreta. Njegovi prvi pokušaji bili su neuspješni zbog prespore ekspozicije fotoaparata. Nakon nekoliko godina ponovno se posvetio eksperimentu te je uspio fotografirati konja u galopu korištenjem 12 fotoaparata. Postavio je fotoaparate uz stazu, svaki od njih aktivirala bi nategnuta žica koju bi konj povukao kada bi prošao te je tako dobio seriju fotografija. Kako bi to uspio, izradio je svoje fotoaparate koji su mu omogućavali trajanje ekspozicije 2/1000 sekunde. Svojim patentom uspio je dokazati tvrdnju Lelanda Stanforda te se Eadweard Muybridge smatra začetnikom timelapse fotografije [14].

Prva komercijalna upotreba timelapse fotografije pripisuju se francuskom mađioničaru i režiseru Georgesu Mélièsu u filmu Carrefour De L'Opera 1897. godine. Timelapse fotografija se nedugo zatim, počela koristiti i u znanstvene svrhe. Jean Comandon 1910. godine snimajući kretanje bakterija timelapse fotografijom uvelike

pridonosi istraživanju bakterija. Walter Bowers Pillsbury 1911. godine koristi ovu tehniku fotografije za bilježenje životnog ciklusa cvijeća, što je u to vrijeme također bilo vrlo korisno u znanstvenom području. Naime, Pillsbury je na taj način identificirao smanjenje broja pojedinih cvjetova te je otkrio razlog tome i tako spriječio njihovo potpuno izumiranje. U 1930-ima Timelapse fotografija zauzela je poprilično veliku ulogu u filmskoj produkciji te su ju koristili tada poznati redatelji kao što je Arnold Fanck, a vrlo veliki utjecaj u populariziranju Timelapse fotografije imao je i bankar John Ott. Timelapse tehnikom snimao rast biljaka te je s vremenom izumio razne elektromehaničke naprave pomoću kojih je pomicao kadar kako bi pratio rast biljaka. Kroz povijest timelapse fotografija bila je dostupna samo onima koji su imali vrlo skupu opremu za fotografiranje, a brzi razvoj pametnih telefona, tableta i manjih kamera omogućio je dostupnost ove tehnike timelapse fotografije svima [14].

7.2. Snimanje timelapse fotografije

Timelapse fotografija je tehnika s kojom dobivamo projekciju koja je nastala od niza snimljenih fotografija u određenom intervalu s dojmom ubrzane radnje ili vremena. Koristi se onda kada se želi u kraćem vremenu prikazati više sadržaja i kada prirodan tijek scena sadrži pomake i promjene ovisno o vremenu. Naziv se sastoji od dvije engleske riječi koje u prijevodu znače vrijeme i propust. Upravo tako ju možemo opisati, kao prolaznost vremena. Događaji koji se u stvarnosti trajali nekoliko sati ili dana možemo ovom tehnikom prikazati u kratkom vremenskom roku od nekoliko minuta ili sekundi. S ovom tehnikom pruža nam se mogućnost manipuliranja vremenom te možemo reći kako timelapse fotografija daje upravo suprotan efekt od efekta high - speed kamera, gdje se određena scena znatno usporava [14].

Za snimanje timelapse fotografije, fotoaparat postavljamo na manualni način rada, a njegove postavke određujemo ovisno o motivu i prostoru snimanja. Osnovne postavke koje moramo podesiti prije svakog snimanja su brzina zatvarača, otvor zaslona, ISO osjetljivost i balans bijele (WB). Prirodnost pokreta kod finalne projekcije najviše ovisi o brzini zatvarača. Kod lošijih svjetlosnih uvjeta moramo biti oprezni pri postavkama ISO

osjetljivosti, kako bi dobili fotografije s minimalno šuma koji utječe na oštrinu i vidljivost detalja same fotografije. Da bi izbjegli konstantne promjene fokusa na svakoj fotografiji, objektiv postavljamo u manualni način rada te ručno određujemo točku fokusa. Osnova timelapse fotografije je snimanje u određenom intervalu. Vremenski period između intervala fotografije određujemo ovisno o motivu i njegovoj radnji koju želimo zabilježiti. Ako snimamo pokrete ljudi razmak između intervala biti će kraći nego kad snimamo rast biljaka, gdje će razmak između intervala svake fotografije biti iznimno duži. [15].

Također, postoji i više formata digitalnih zapisa koje možemo koristiti ovisno o potrebi – JPEG, RAW i DNG. Kod JPEG formata moramo paziti da na svim fotografijama bude pravilno podešena ekspozicija i balans bijele. U odnosu na ostale gore navedene formate, ovaj format sadrži puno manje informacija u zapisu te se potencijalne greške u ekspoziciji puno teže ispravljaju u postprodukciji.

RAW format je zapis koji sadrži sve informacije snimljene prilikom ekspozicije bez ikakve kopresije. Kako RAW zapravo nije računalni standard potrebno ga je konvertirati u računalu prepoznatljiv format. Najčešće ga nakon obrade konvertiramo u TIFF ili JPEG.

DNG je također sirovi format koji sadrži sve informacije bez gubitaka. Patentiran je od strane Adobe-a, a koristi se za digitalnu fotografiju. Adobe-ova licenca dopušta uporabu ovog formata bez troškova pod uvjetom da vlasnik licence jasno prikaže tekst koji govori da je format licenciran od strane Adobe-a u izvoru i dokumentaciji [14].

7.3. Plan i priprema snimanja timelapse fotografije

Za dobivanje uspješnih rezultata timelapse fotografije vrlo je bitan plan i dobra priprema prije samog snimanja. Jako puno parametara ovisi o izgledu finalne projekcije te je preporučljivo koristiti ovih par jednostavnih formula s kojima možemo dobiti izračune za količinu fotografija potrebnih za željenu dužinu trajanja scene te izračune vremena potrebnog za fotografiranje istih.

Primjer 1. Izračun dužine trajanja projekcije odnosno scene

dužina trajanja projekcije = broj snimljenih fotografija / broj sličica u sekundi (fps)

$X = 1500 \text{ snimljenih fotografija} / 25 \text{ sličica po sekundi (fps)}$

$X = 60 \text{ s}$

Ako smo snimili 1500 fotografija, a želimo da finalna projekcija ima standardnih 25 sličica u sekundi (fps) korištenjem gornje formule dobivamo točan rezultat trajanja videa, koji je 60 sekundi, odnosno jedna minuta.

Primjer 2. Izračun broja potrebnih fotografija

broj snimljenih fotografija = dužina trajanja projekcije x broj sličica u sekundi (fps)

Ako želimo da naša finalna projekcija traje jednu minutu, a koristimo 25 sličica u sekundi pomoću ove formule lako možemo izračunati da nam je za to potrebno 1500 fotografija.

$X = 60 \text{ s} \times 25 \text{ sličica po sekundi (fps)}$

$X = 1500 \text{ fotografija}$

Primjer 3. Izračun vremena potrebnog za fotografiranje

U primjeru 2 smo izračunali ukupan broj potrebnih fotografija, pomoću sljedeće formule možemo izračunati koliko će nam vremena biti potrebno za snimanje istih.

vrijeme fotografiranje = interval x broj fotografija

Znamo da nam je za 60 sekundi finalne projekcije potrebno 1500 fotografija, a odabrani interval nam iznosi 2 sekunde, pomoću ove formule možemo izračunati da nam je za to potrebno 50 minuta snimanja.

$$X = 2 \text{ s} \times 1500 \text{ fotografija}$$

$$X = 3000 \text{ s} = 50 \text{ min (11)}$$



Slika 13. Intervalno snimanje timelapse fotografije pomoću klizača

Izvor: <https://fotofaka.com/four-seasons-norway/>

(preuzeto 5.12.2019.)

8. DRONELAPSE FOTOGRAFIJA

Dronelapse koristi istu tehniku fotografiranja kao timelapse, ali umjesto fiksnog stajališta, kamera se kreće pomoću bespilotne letjelice – drona. Upravo zbog toga se smatra najnaprednijom tehnikom timelapsea, u kojoj se za svako okidanje fotografije mijenja položaj kamere u zraku. Za razliku od jednostavnih pokreta u timelapse

fotografiji ostvarenih s kratkim klizačem kamere, u dronelapse fotografiji kamera u zraku prelazi mnogo veću udaljenost. Krajnji rezultat spajanja svih fotografija fluidan je video, koji daje dojam brzog prolaska vremena i velike brzine. Danas među umjetnicima dronelapse fotografija postaje najpopularnija tehnika kojom se dobiva atraktivan, zapanjujući video koji do nedavno nije bio moguć.

Za razliku od timelapse fotografije, dronelapse tehnika je puno složeniji i kompleksniji proces jer dodajemo prostornu komponentu. Ova tehnika zahtjeva puno odgovornosti, strpljenja i vremena.



Slika 14. Postavljanje drona na intervalni način rada

Izvor: <https://store.dji.com/guides/drone-photography-time-lapse/>

(preuzeto 5.12.2019.)

9. PRAKTIČNI DIO

Praktični dio u nastavku obuhvatit će snimanje dronelapse fotografije osobnim dronom marke DJI Phantom 4 Adv. Ispitat će se sve mogućnosti i opcije dostupne na ovom modelu drona potrebne za dobivanje što boljih rezultata, kao i kompletan proces izrade Dronelapse fotografije, od početne pripreme, plana snimanja i analize problematike s kojom se susrećemo prilikom snimanja iste. Pretpostavlja se da kod dronelapse fotografije postavke brzine zatvarača uvelike utječu na fluidnost sveukupne snimke. Kako bismo dobili prirodnu fluidnost bez trzanja slike, postavka brzine zatvarača na kameri mora biti dvostruko veća nego broj sličica u sekundi od željenog video zapisa. Detaljnim istraživanjem i analizom, u nastavku rada, postaviti ćemo prijedlog standarda intervala drona i ekspozicije fotoaparata za dobivanje najboljih rezultata kod snimanja dronelapse fotografije. Uz tekstualni dio, finalni rezultati snimanja će se priložiti i putem videozapisa.

9.1. Oprema, DJI Phantom 4 Adv

U svrhu istraživanja i analize korišten je osobni dron marke DJI Phantom 4 Advanced, koji je izašao 2017. godine kao vodeći model Phantom serije. U odnosu na prethodni model, Phantom 4 Advanced je opremljen kamerom s većim CMOS senzorom, čime je uvelike poboljšana kvaliteta same fotografije i videozapisa.



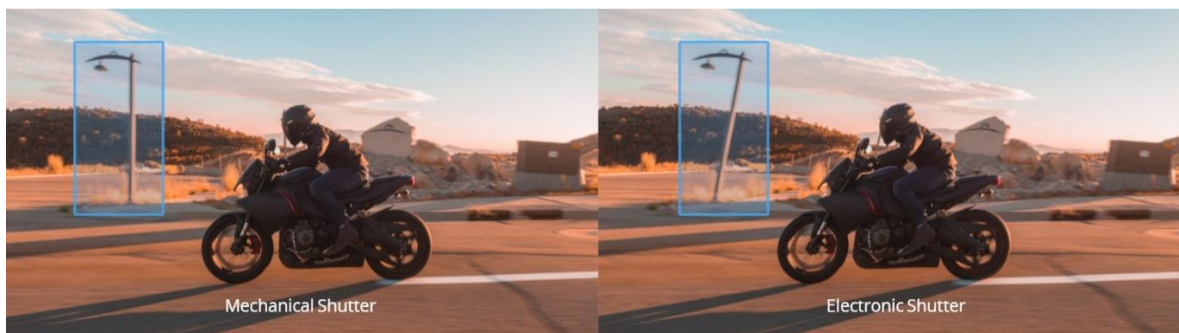
Slika 15. DJI Phantom serije 4 Advanced

Izvor: <https://www.cinema5d.com/dji-phantom-4-advanced-announced-20mp-4k-60fps-built-in-screen-and-more/>

(preuzeto 7.12.2019.)

9.1.1. Kamera

Kao što je navedeno iznad, integrirana kamera opremljena je 1-inčnim CMOS senzorom od 20-megapiksela s mehaničkim zatvaračem kojeg koristi za uklanjanje rolling shutter distorzije, koja se može pojaviti pri letu drona velikom brzinom ili prilikom snimanja objekata koji se kreću velikim brzinama. Kamera ima izvrsne optičke performanse i u kombinaciji s većim senzorom pridonosi većem dinamičkom rasponu te osigurava više informacija u fotografijama potrebnim za napredniju post-produkciju.



Slika 16. Usporedba mehaničkog i elektronskog zatvarača

Izvor: https://www.dji.com/hr/phantom-4-pro-v2?gclid=EAIaIQobChMI_vKZqNKP5wIVIU8YCh1YyQEUEAAyAAEgJWjfd_BwE

(preuzeto 7.12.2019.)



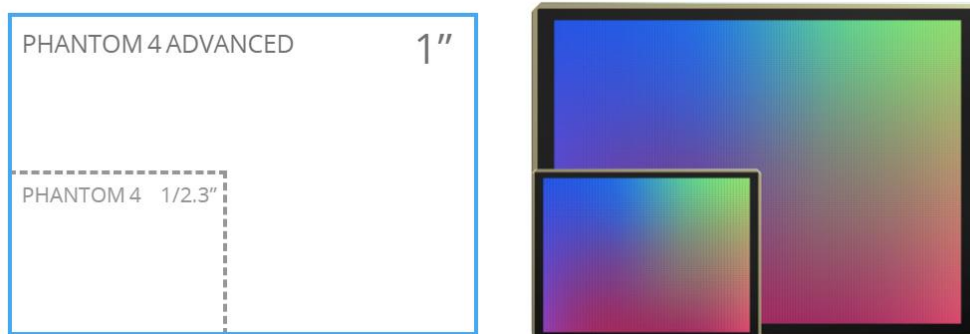
Slika 17. Phantom 4 Adv, kamera s 1-inčnim 20-megapikselnim senzorom

Izvor: <https://www.albedomedia.com/tecnologia/dron-dji-phantom-4-advanced-con-camara-mejorada/>

(preuzeto 7.12.2019.)

Veličina senzora važnija je za kvalitetu fotografije od broja piksela jer veći senzor bilježi više informacija u svakom pikselu, poboljšavajući dinamički raspon, omjer šuma i niske performanse u lošijim svjetlosnim uvjetima. 1-inčni 20-megapikselni CMOS

senzor u dronu Phantom 4 Advanced gotovo je četiri puta veličine 1 / 2.3 inča, senzora u starijem modelu - Phantom 4.



Slika 18. Usporedba veličine senzora Phantom 4 i Phantom 4 Adv drona

Izvor: <https://www.dji.com/hr/phantom-4/>

(preuzeto 7.12.2019.)



Slika 19. Usporedba kvalitete fotografija u lošijim svjetlosnim uvjetima između Phantom 4 i Phantom 4 Adv drona

Izvor: <https://www.dji.com/hr/phantom-4/>

(preuzeto 7.12.2019.)

9.1.2. Pametna baterija

Drone Phantom 4 Advanced prilikom kupovine dolazi s jednom baterijom. Po specifikacijama iz priručnika navedeno je 30-minutno trajanje baterije. Prilikom snimanja praktičnog dijela diplomskog rada, uočeno je nešto kraće trajanje baterije. Kod snimanja iz zraka prosječno trajanje bilo je oko 20 – 25 minuta, ovisno o jačini vjetra. Iz tog razloga odlučeno je kupiti dodatnu baterije čime je povećana produktivnost i duljina trajanja samog leta drona. Osim produljenog trajanja baterije u odnosu na prethodne modele, kako i sam naziv kaže „pametna“ baterija pomoću aplikacije izračunava preostalo vrijeme leta prema prijeđenoj udaljenosti, aktivira upozorenja kada dosegne minimalnu razinu energije potrebnu za siguran povratak drona na mjesto polijetanja. Isto tako, napredni sustav baterije sprječava prekomjerno punjenje, ali i osigurava automatsko pražnjenje prilikom dugoročnog nekorisćenja radi produženog vijeka baterije.



Slika 20. DJI Pametna baterija

Izvor: <https://store.dji.com/product/phantom-4-pro-intelligent-battery-high-capacity/>

(preuzeto (12.12.2019.)

9.2. Odabir scene snimanja

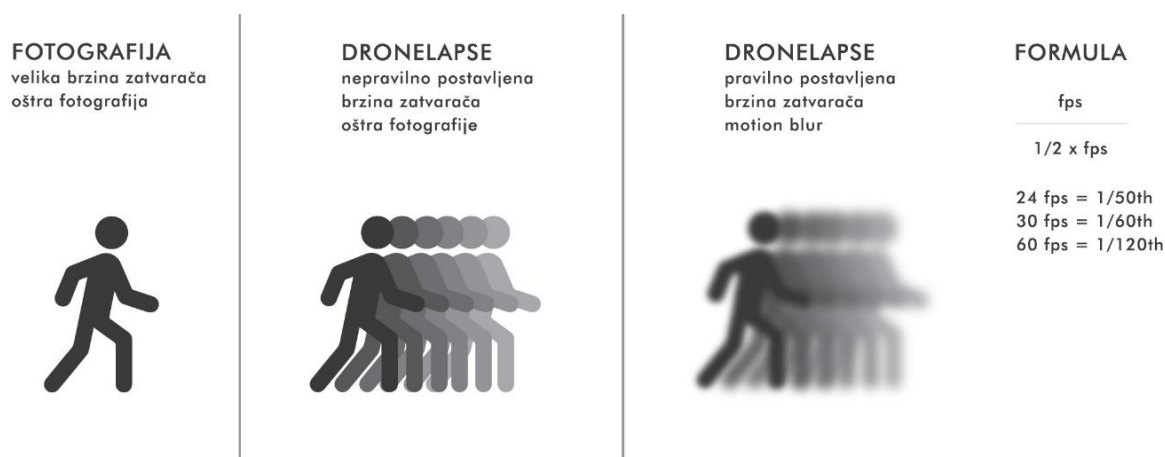
Kod snimanja timelapse fotografije koje se odvija na zemlji, u osnovi imamo neograničeno vrijeme za fotografiranje, tako da intervali između fotografija mogu biti i s dužim vremenskim odmakom. Takvo dugotrajno snimanje ne zahtjeva brze promjene scene, s obzirom da postizemo dovoljnu aktivnost i sa sporim kretanjem poput kretanja snopa sunčeve svjetlosti na podu. Međutim, s dronovima smo ograničeni vremenom koje varira u prosjeku od 20 minuta leta, odnosno snimanja. Kod snimanja dronelapse fotografije za ovaj rad odabirane su scene koje uključuju ljude u prometu, rijeke koje teku i oblake koji se brzo kreću. Kako bi se prikazao veći efekt elemenata u pokretu, odabrani su i objekti koji nisu u pokretu. Dobar primjer za to je „Hendrixov most“ u Zagrebu, koji se nalazi paralelno s drugim prometnim mostom s automobilima u pokretu, kao na fotografiji ispod.



Slika 21. Hendrixov most u Zagrebu, autorska fotografija

9.2.1. Postavke intervala i ekspozicije

Nakon odabira scene i lokacije snimanja, vrlo važno je pravilno postaviti interval snimanja, kao i manualne postavke ekspozicije. Zbog ograničenog trajanja leta prilikom snimanja, interval između svake fotografije podešen je na 2 sekunde (minimalni interval snimanja fotografija kod drona Phantom 4 Advanced) kako bi se iskoristilo maksimalno vrijeme za dobivanje što većeg broja fotografija. Sve fotografije su snimane u JPEG formatu s obzirom da dron ne podržava snimanje RAW fotografija u intervalnom načinu rada, iako bi snimanje u RAW formatu dalo bolje rezultate u korekciji boja prilikom postprodukcije. Kako bismo izbjegli drugačiju ekspoziciju, balans bijele i fokus kod svake fotografije između intervala, vrlo je bitno kameru postaviti na manualni način rada. Uz sve navedeno iznad, vrlo važno je brzinu zatvarača postaviti na točno dvostruko veću od planiranog broja sličica u sekundi (fps) u finalnom videozapisu. Ako finalni videozapis ima npr. 25 sličica u sekundi, brzina zatvarača bi trebala biti 1/50, odnosno za 30 sličica u sekundi, najbolja postavka brzine zatvarača bi bila 1/60. Razlog za to je zamućenje pokreta (motion blur). Kada snimamo pojedinačne fotografije želimo da one budu što oštrije, kod dronelapse fotografije na velikim brzinama zatvarača u finalno spojenom videozapisu imat ćemo neprirodne trzajuće pokrete u kadru. Kod pravilno postavljene brzine zatvarača, svaka fotografija će imati blago zamućene elemente, koji su u pokretu, te će finalni videozapis izgledati prirodno i fluidno.

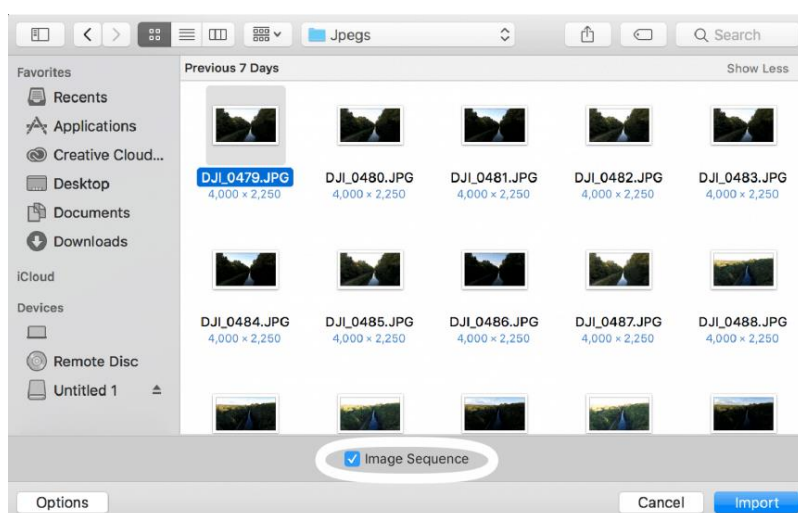


Slika 22. Prikaz pravilno i nepravilno postavljene brzine zatvarača

10. POSTPRODUKCIJA

10.1. Korekcija boje i uvoz fotografija

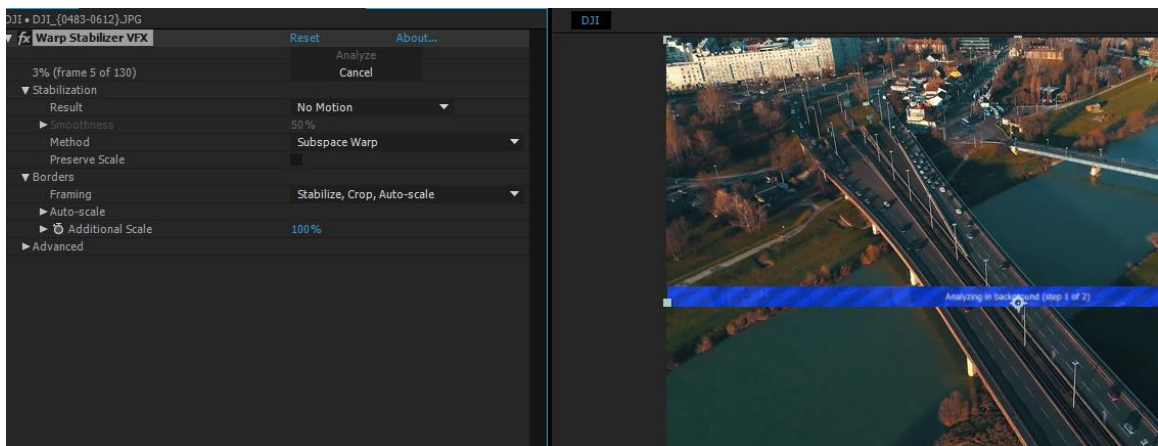
Poslije snimanja fotografija (kojih je bilo jako puno, s obzirom na tehniku snimanja), sljedeći korak je postprodukcija. Za postprodukciju korištena su dva alata. Alat Adobe Lightroom korišten je samo u svrhu korekcije boja. Nakon kopiranja fotografija u folder, sve fotografije snimljene na istoj lokaciji importirane su u program Adobe Lightroom. Manualnu korekciju boje, kao što je kontrast i saturacija radimo samo na prvoj fotografiji. Kada smo zadovoljni kako fotografija izgleda, koristimo na tipkovnici skraćenicu Command + C za kopiranje postavki boje, zatim označimo sve fotografije i pritisnemo Command + V, kako bi zalijepili postavke na sve fotografije. Nakon toga usporedimo prvu i zadnju fotografiju kako bi provjerili da li nam postavke odgovaraju na obje fotografije. Kada smo zadovoljni sinkroniziranim postavkama fotografija, vrijeme je da ih pretvorimo u videozapis. Sljedeći alat koji je za to korišten je Adobe Premiere Pro. Nakon ulaska u program otvaramo novi projekt, odaberemo rezoluciju i broj sličica u sekundi, zatim kliknemo mišem na „File“, „Import“. Odaberemo folder gdje su nam spremljene obrađene fotografije, označimo prvu fotografiju i obavezno označimo kućicu „Image Sequence“. Time ćemo osigurati da se fotografije ne uvezu pojedinačno, nego kao jedna sekvenca.



Slika 20. Uvoz fotografija kao sekvence

10.1.1. Stabilizacija

Stabilizacija u dronu korištenom za snimanje odrađuje poprilično dobar posao što se tiče održavanja kamere mirnom, ali kod leta od stotinjak metara zasigurno će biti vidljivih trzaja kod spajanja finalnog videozapisa. Kada smo uvezli u Adobe Premiere Pro sve fotografije kao jednu sekvencu, u efektima odaberemo „Warp stabilizator“ te ga povlačimo na videozapis. Algoritam programa će automatski analizirati videozapis i ublažiti sve trzaje koji su nastali prilikom snimanja.



Slika 21. Stabiliziranje videozapisa pomoću „Warp Stabilizer“ opcije

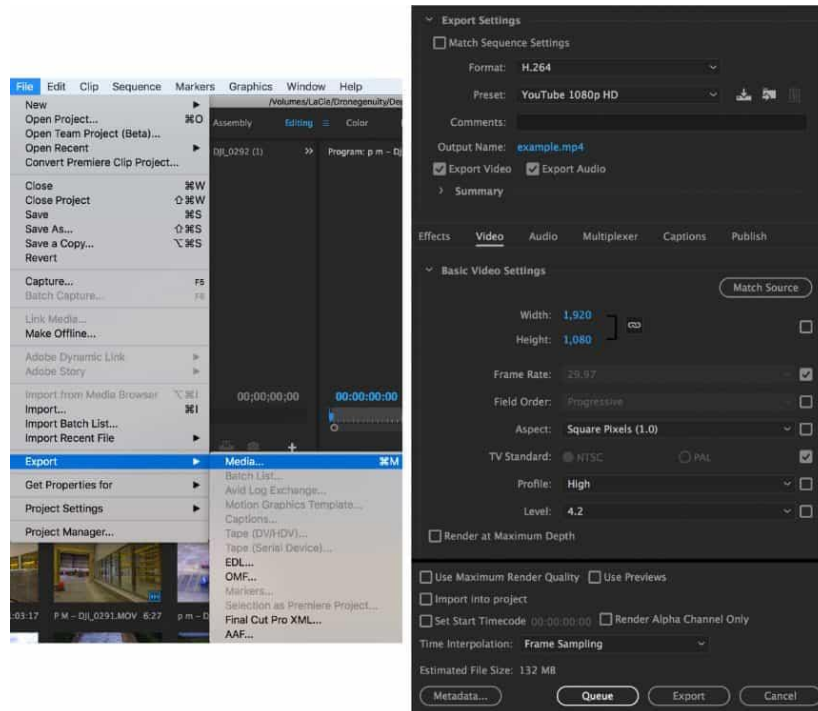
10.1.2. Eksport videozapisa

Nakon što su snimljene fotografije obrađene u programu Adobe Lightroom, montirane i stabilizirane u programu Adobe Premiere Pro, posljedni korak je eksport finalnog videozapisa. Klikom na „File“, odabiremo „Export“ pa „Media“, a nakon toga nam se otvara prozor s različitim opcijama za spremanje videozapisa. Vrlo je važno pravilno odabrati postavke. U ovom radu korištene su sljedeće postavke:

- Format H.264
- HD 1080p HQ, 30 sličica u sekundi (fps)
- Render at Maximum Depth

- Use Maximum Render Quality

Nakon što je renderiranje završilo dobili smo kompresirani videozapis sa ekstenzijom .mp4.



Slika 22. Postavke i eksport videozapisa

11. POTENCIJALNI PROBLEMI KOD LETA DRONOM

Kako bismo izbjegli potencijalne probleme prilikom polijetanja i slijetanja, dobro bi bilo koristiti neke od sljedećih prijedloga. Prije samog polijetanja potrebno je provjeriti da li u blizini ima zračnih luka ili osjetljivih područja (mjesto koje nije u blizini zgrada i ljudi).

S obzirom da su dronovi vrlo složeni uređaji, a tijekom leta dolazi do fizičkih i električnih naprezanja, trebalo bi provjeriti da nema mikropukotina, oštećenih vijaka, ožičenja, labavih spojeva. Također, bitno je provjeriti jesu li propeleri neoštećeni, čvrsto pričvršćeni na mjestu, kao i jesu li baterije napunjene do kraja. Treba imati na umu da će dron letjeti, čak i kada su propeleri oštećeni, no to može uzrokovati vibracije koje utječu na kvalitetu samog snimanja. Propeleri su jeftini, a letjeti s oštećenim propelerima nije vrijedno rizika.

Nakon gore navedenih provjera, dron je spreman za polijetanje. U prvim trenucima leta bitno je provjeriti da li nam dron pravilno reagira na zadane komande upravljača, kako bismo izbjegli moguće probleme tijekom leta. Kada je u pitanju slijetanje drona, trebalo bi provjeriti da li je područje slobodno od ljudi, kako bismo mogli sigurno i neometano vratiti dron na mjesto polijetanja. Ako želimo uhvatiti dron rukom prije samog spuštanja na tlo, vrlo važno je voditi računa o smjeru vjetra (prilaziti dronu suprotno od smjera puhanja). Na taj način se izbjegava mogućnost naleta drona pod utjecajem vjetra. Osim što može uzrokovati probleme kod samog slijetanja, vjetar je jedan od najvećih neprijatelja drona u zraku. Prilikom jakog vjetra nepreporučljivo je letjeti, jer takve snimke će kasnije biti neupotrebljive. Postoji šansa da će vjetar preuzeti kontrolu nad dronom te ga nekontrolirano srušiti na tlo. S obzirom na vrijednost drona, takav rizik je neisplativ.

Osim vjetra, i ptice mogu uzrokovati ometanje i nekontroliran pad. Neke vrste ptica mogu biti vrlo agresivne i teritorijalne, osobito tijekom gniježđenja. U pravilu ptice neće uspostaviti kontakt s dronom, ali ipak dobra je savjet ne letjeti u njihovoj blizini. Prilikom snimanja umjetničkog dijela rada, primijećeno je da je taj problem rješiv ukoliko se dron podigne na veću visinu.

12. ZAKLJUČAK

Snimke s timelapse tehnikom su vrlo kreativan alat u kinematografiji, ali možemo ju podići na sljedeću razinu hyperlapsom – ili još bolje, snimkama hyperlapsea dronom. Kod dronelapse fotografije sigurnost je na prvom mjestu. Trebamo biti sigurni da upravljamo svojom bespilotnom letjelicom u sigurnom okruženju, u kojem nećemo nanijeti nikakvu štetu sebi, drugim ljudima, dronu ili području koje ćemo snimati. Također, trebamo imati na umu propisani Pravilnik o sustavima bespilotnih letjelica i zračnom prometu. Čudesan snimak vrijedi samo kada snimamo po pravilima sigurnosti.

Kada razmišljamo o dronelapse sceni snimanja, trebamo uvijek razmisliti o glavnom objektu u sceni na koji ćemo fokusirati kameru drona, dok mu se približavamo. Također, trebamo uzeti u obzir i elemente u neposrednoj blizini tog objekta, poput drveća, zgrada ili mostova. Takve snimke će izgledati bolje ako izaberemo nepomičan objekt na koji fokusiramo kameru, dok su ostali elementi oko njega u pokretu. U primjeru ovog rada korištena je cesta na mostu kao nepomičan subjekt na koji je fokusirana kamera, dok su dinamiku na snimkama davali automobili koji su se kretali po cesti. Još jednu stvar koju bi trebali uzeti u obzir je nebo. Trebali bi uvijek prije snimanja provjeriti prognozu. Neke od najboljih snimaka krajolika iz zraka mogu se snimiti neposredno prije ili nakon oluje jer nebo tada poprimi zadivljujuće boje. Kod dronelapse fotografije, kako bismo postigli sjajne snimke, ne trebamo najbolju i najskuplju opremu. Strast, praksa, upornost i kreativnost su ključ u postizanju sjajnih snimaka.

13. LITERATURA

1. Cheng, E. (2017.) Aerial Photography and Videography Using Drones
2. Rupert, B. (2017.) Drones (The Ultimate Guide)
3. <https://www.droneomega.com/types-of-drones/> - *Drone Omega: The Different Types of Drone Explained*, pribavljeno 24. 11. 2019.
4. Colin, S. (2016.) The Photographer's Guide to Drones Paperback
5. <https://www.dji.com/hr/phantom/> - *DJI: Phantom*, pribavljeno 28.11. 2019.
6. <https://www.dji.com/hr/phantom-2/> - *DJI: Phantom 2*, pribavljeno 28.11.2019.
7. <https://www.dji.com/hr/phantom-2-vision/> , - *DJI: Phantom 2 Vision.*, pribavljeno 29. 11. 2019.
8. <https://www.dji.com/hr/phantom-2-vision-plus/> - *DJI: Phantom 2 Vision Plus*, pribavljeno 5. 12. 2019.
9. <https://www.dji.com/hr/phantom-3-standard/> - *DJI: Phantom 3 Standard*, pribavljeno 7. 12. 2019
10. <https://www.dji.com/hr/phantom-4/>- *DJI: Phantom 4*, pribavljeno 7.12.2019.
11. Narodne novine (2018.) Pravilnik o sustavima bespilotnih zrakoplova. Zagreb: Narodne novine d.d. 104/2018.
12. Dolenec, S. (2016.) *Fotoaparat u ulozi videokamere*, Završni rad, Sveučilište Sjever, Varaždin.
13. <https://www.racunalo.com/sto-je-video-frame-rate-24p-25p-30p-60p-ucimo-zajedno/> - *Računalo: Što je video frame rate : 24p, 25p, 30p, 60p?*, pribavljeno 5.12.2019.
14. Chylinski, R. (2012.) Time-lapse Photography.
15. Čizmadija, M. (2017.) *Izrada putopisnog videa DSLR fotoaparatom*, Završni rad, Sveučilište Sjever, Varaždin.

