Primjena pseudo HDR tehnike kod fotografije dronom

Komesar, Iva

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:216:249657

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-17**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Graphic Arts Repository

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET

IVA KOMESAR

PRIMJENA PSEUDO HDR TEHNIKE KOD FOTOGRAFIJE DRONOM

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2018

Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

IVA KOMESAR

PRIMJENA PSEUDO HDR TEHNIKE KOD FOTOGRAFIJE DRONOM

DIPLOMSKI RAD

Mentor:
doc. dr. sc. Miroslav Mikota

Student:
Iva Komesar

Zagreb, 2018

Sažetak

Fotografija iz zraka je specifično i zanimljivo područje još od samih početaka fotografije u 19 stoljeću, kada je Nadar započeo snimati fotografije iz zračnog balona. S vremenom se iz toga razvila zračna fotografija (aerial photography) i iz aviona, helikoptera i slično. Pojavom i nastankom drona, čija tehologija se počela razvijati prvi puta u vojne svrhe, javlja se mogućnost snimanja iz zraka takvom tehnologijom. Fotografija iz zraka i fotografija dronom općenito ima, pored ostalog, specifčnost da pokriva scenu izrazito različitih uvjeta osvjetljenja, odnosno izrazito različitih tonskih vrijednosti, ali isto tako i specifičnost da u praksi ne dolazi u obzir mogućnost snimanja i izrade pravog HDR-a zbog nemogućnosti stabilizacije fotografskog aparata u letu. Kao moguće riješenje nameće se upotreba pseudo HDR tehnike, koja podrazumijeva snimanje scene u sirovom zapisu te kasniju obradu tj. tonsko mapiranje takvog zapisa. S obzirom na karakteristike scene, snimane fotografskim aparatom na dronu, potrebna je specifična obrada, koja može podrazumijevati i tonsko mapiranje pojedinih djelova snimljene scene kako bi se ispravile „greške“ nastale prilikom snimanja, odnosno povećao ukupan broj podatka koji se može prikazati takvom fotografskom slikom. U radu se teoretski analizira tehnologija drona i drona sa fotografskim aparatom odnosno kamerom, HDR fotografija s posebnim naglaskom na pseudo HDR fotografiju te se u praktičnom dijelu, temeljem te analize, izrađuju autorske pseudo HDR fotografije snimane dronom.

Ključne riječi: dron, pseudo HDR, RAW, zračna fotografija

Abstract

Aerial photography is a specific and interesting field ever since the beginning of photography in 19th centuary, when Nadar fist started shooting photos from air baloon. With time, out of it developed aerial photography from aeroplane, helicopter and similar. By appereance and emergence of drones, whose technology firstly started to develop in millitary purposes, the possibility appears to film from air with that kind of technology. Aerial photography and drone photography in general has, among everything else, specificity to cover the scene which has extremely different lightning conditions or tone values but at the same time, in practice, it is not possible to shoot and develop real HDR because of the impossibility to stabilise camerain flight. As possible solution, use of pseudo HDR technic is imposed, which implies shooting the scene in RAW format and later postprocessing ie. one mapping of that kind of format. Considering the characteristics of the scene, shot with a photographic camera on the drone, special processing is required, which may also include tone mapping of the individual parts of the recorded scene to correct the „errors“ caused during recording or increase the total number of data that can be displayed with such a photo. The paper theoretically analyzes the drone technology and drone with a camera, HDR photography with a special emphasis on pseudo HDR photography and in the practical part, based on this analysis, authored pseudo HDR photographs, taken with drone, are created.

Key words: drone, pseudo HDR, RAW, aerial photography

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. TEORIJSKI DIO 3

2.1 Zračna fotografija 3

2.1.1 Povijest zračne fotografije 3

2.1.2 Upotreba zračne fotografije i dronova 4

2.2 Let dronom 7

2.2.1 Osnovna oprema za rukovanje dronom 7

2.2.2 Pravilnici za let 10

2.2.2.1 Klasifikacija područja letenja 11

2.2.2.2 Zakon o snimanju iz zraka 12

2.3 Vrste dronova 15

2.3.1 Način pripreme za upotrebu 16

2.3.2 Broj propelera 17

2.3.2.1 Multirotor dronovi 18

2.3.2.2. Dronovi s fiksnim krilima 19

2.3.2.3 Single rotor dronovi 20

2.3.2.4 Hibridini dronovi s fiksnim krilima 21

2.3.3 Veličina 22

2.3.3.1 Mini dronovi 22

2.3.3.2 Mali dronovi 22

2.3.3.3 Srednji dronovi 23

2.3.3.4 Veliki dronovi 24

2.3.4. Domet 25

2.3.5. Oprema 26

2.3.6 Kamera DJI dronova 27

2.3.6.1 Integrirana kamera 28

2.3.6.2 Izmjenjiva kamera proizvođača 33

2.4 Formati digitalnog zapisa fotografije 38

2.4.1 JPEG 39

2.4.2 RAW 40

2.4.2.1 DNG 41

2.5 Dinamički raspon scene i senzora 43

2.6 HDR fotografija 45

2.6.1 Tonsko mapiranje 47

2.6.1.1 Adobe Photoshop i Adobe Camera Raw 48
2.6.1.2 Photomatix Pro 50
2.6.2 Pseudo HDR 51
2.6.2.1 Specifičnost pseudo HDR fotografije za fotografiju dronom..... 53
2.7 Praktični savjeti za let i snimanje DJI dronovima 55
2.7.1 Dnevna fotografija 55
2.7.2 Večernja, jutarnja i fotografija slabijeg osvjetljenja 57
2.7.3 Format 59
2.7.4 Filteri..... 60
2.7.5 Tehnička strana drona..... 61
2.8 Umjetnička perspektiva..... 63
2.9 Kamera drona kao alat za 3D skeniranje i modeliranje prostora..... 68
3. PRAKTIČNI DIO..... 70
3.1 Oprema 70
3.2 Snimanje fotografija i odabir scene 72
3.2.1 Postavke u dronu 75
3.3 Obrada fotografija 79
3.3.1 Pseudo HDR 80
3.3.1.1 Photomatix Pro 80
3.3.1.2 Uklanjanje šuma i naglašavanje detalja u Photoshopu 82
3.5 Kombinirana tehnika 93
3.6 Autorske fotografije 96
4. REZULTATI I RASPRAVA..... 111
4.1 Tehnika snimanja i izrade 111
4.2 Proces obrade i tonskog mapiranja za različite HDR tehnike..... 112
4.3 Ispravljanje grešaka u Photoshopu 116
4.4 Vizualna analiza finalnih rezultata i korištenih tehnika 117
5. ZAKLJUČAK..... 120
6. LITERATURA..... 124

1. UVOD

Zračna fotografija (aerial photography) područje je koje se zadnjih godina razvija velikom brzinom. Pojam svoj korijen ima u 1858. godini, kada je francuski fotograf i balonista „Nadar“ prvi puta fotografirao iz zraka, a sam nastanak i pojava dronova veže se uz vojne svrhe te je tada upotreba zračne fotografije rapidno napredovala, kao i razvoj samih bespilotnih letjelica (dronova). Do prije nekoliko godina bilo je nemoguće zamisliti da će dronovi praktički biti dostupni svakome te da će njihova tehnologija napredovati ovakvom brzinom. Danas se njihov razvoj odvija eksponencijalno, letjelice su sve dostupnije, a ugrađene kamere sve bolje i kvalitetnije. Raspon aktivnosti za koje se prakticira fotografija dronom je sve veći te se broj korisnika i zaljubljenika u dronove povećava svakim danom.

Danas postoje mnogi zakoni i propisi, koje je u Republici Hrvatskoj postavila Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo (CCAA), a te propise bi trebao poštivati svaki „letač“ dronom, koji posjeduje registriranu letjelicu. [1] Spektar aktivnosti i grana industrije u kojima je tražena fotografija i filmografija dronom je vrlo velik – građevina, elektrotehnika, praćenje evenata, okupljanja, događanja, vjenčanja, snimanje koncerata, marketinške svrhe…

Bespilotne letjelice, odnosno dronovi, dramatično mijenjanju način na koji razmišljamo o filmu, videu i fotografiji, dopuštajući nam hvatanje potpuno novih perspektiva. Tzv „ Consumer drones“, odnosno prvi dronovi za obične korisnike, predstavljeni 2013, bili su cijenom dostupni i relativno jednostavni za upravljanje te je odjednom nova zračna perspektiva bila dostupna svima. To je rezultiralo eksplozijom broja korisnika i entuzijasta, koja je dovela do naglog rasta broja modela, proizvođač i platformi za dronove. [2] Cijena jednog jeftinog malog drona skoro je jednaka cijeni jednog novog skupog mobilnog uređaja. Naravno, ima i dronova koji svojom cijenom premašuju i cijenu jednog automobilskog vozila no takvi dronovi imaju i posebne svrhe poput filmske industrije i sličnog. DJI dronovi danas su jedni od vodećih i najpristupačnijih na tržištu, a ono što ih čini specijaliziranima u ovom području je širok asortiman i ponuda dronova različitih

cijena i namjena. Upravo jednim dronom te firme, DJI Phantom 3 Advanced, snimane su i fotografije za potrebe ovog diplomskog rada.

Područje tehnologije dronova relativno je mlado i krenulo se naglo razvijati pa tako i mogućnosti koje nude dronovi i ovakva vrsta zračne fotografije imaju prostora za razvoj, nove ideje i tehnologije. Ova tehnologija ima potencijala da se razvija paralelno s tehnologijom fotografskih uređaja i reprodukcije fotografije jer s napretkom samih uređaja za snimanje, raste i sama kvaliteta drona i mogućnosti koje nudi. S obzirom na kvalitetan senzor koji se nalazi u ugrađenim kamerama današnjih dronova, dostupne su razne mogućnosti u kasnijoj obradi fotografije. Ovakav dron nudi i mogućnosti snimanja u RAW formatu zapisa, što znači da možemo spremiti puno više informacija o samoj sceni nego snimanjem isključivo u JPEG formatu. Fotografija dronom pokriva scenu izrazito različitih uvjeta osvjetljenja, odnosno različitih tonskih vrijednosti, stoga je upotreba HDR tehnike moguće rješenje za očuvanje što većega broja informacija i podataka o samoj sceni. No ponekada zbog nemogućnosti potpune stabilizacije, odnosno nestatičnosti samog drona u letu, kao optimalno rješenje nameće se upotreba „pseudo“ HDR tehnike, koja podrazumijeva fotografiranje scene u jednom RAW formatu te kasniju obradu, odnosno tonsko mapiranje tog zapisa. Ponekada je potrebno „ispraviti greške“ odnosno izvući veći broj informacija samo sa pojedinih djelova slike, stoga možemo govoriti i o selektivnom, djelomičnom tonskom mapiranju. S obzirom na karakteristike senzora ovakvog drona, ponekada prilikom tonskog mapiranja dolazi do pojačanja prisutnog šuma, češće nego kod HDR fotografija nastalih suvremenim fotoaparatima pa je osim tonskog mapiranja potrebna i dodatna obrada u programima poput Photoshopa.

U ovom radu analizirati će se karakteristike i upotreba samog drona DJI Phantom 3 Advanced, karakteristike i specifikacije ugrađene kamere, odabir scene te opcije i mogućnosti koje dron nudi za izradu HDR-a. Biti će prikazan proces tonskog mapiranja fotografija nastalih dronom, u softveru Photomatix Pro, greške koje nastaju prilikom tog procesa i/ili fotografiranja, njihovo uklanjanje te finalni produkti autorskih HDR fotografija.

2. TEORIJSKI DIO

2.1 Zračna fotografija

Zračna fotografija ili aerofotografija definirana je kao postupak snimanja fotografija na Zemlji s uzvišenog položaja. Pojam se obično odnosi na snimke snimljene kamerom koja se ne nalazi na strukturi na zemlji. Kamere se mogu držati u ruci ili mogu biti na postolju, a fotografije može snimiti fotograf na daljinu ili automatski. Kao platforme za zračnu fotografiju do nedavno koristili su se isključivo helikopteri, baloni, cepelini i dirižabli, rakete, zmajevi, motke i padobrani, a od nedavno ovdje se mogu uvrstiti i dronovi (bespilotne letjelice).

2.1.1 Povijest zračne fotografije

Zračnu fotografiju prvi je izradio francuski fotograf i balonist Gaspard-Félix Tournachon poznat kao "Nadar" nad Parizom 1858. godine. No fotografije koje je tada proizveo više ne postoje, stoga je „Boston, as the Eagle and the Wild Goose See It“ najranija zračna fotografija, koja je preživjela do danas, a fotografirali su ju James Wallace Black i Samuel Archer King, 13.10.1860. godine te prikazuje Boston s visine od 630 m (Slika 1). Prva upotreba filmske kamere montirane na letjelicu težu od zraka dogodila se 24. travnja 1909. nad Rimom kada je snimljen nijemi film u trajanju od 3:28 pod nazivom Wilbur Wright und seine Flugmaschine. Prvu specijalnu poluautomatsku zračnu kameru dizajnirao je 1911. ruski vojni inženjer Colonel Potte V. F. Ova zračna kamera koristila se tijekom Prvog svjetskog rata. Uporabu zračne fotografije u vojne svrhe proširili su tijekom Prvog svjetskog rata mnogi avijatičari poput Freda Zinna. [3]

Prva kompanija koja se bavila komercijalnom zračnom fotografijom je bila Aerofilms Ltd, a osnovali su ju veterani Prvog svjetskog rata, France Lewis Wills i Claude Graham White, 1919. godine. Kompanija se brzo razvila, a od 1921 nudili su mnoge usluge poput mapiranja. 1930 kompanija je usavršila znanost fotogrametrije (mapiranja iz zračnih fotografija).

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

2.1.2 Upotreba zračne fotografije i dronova

Zračna fotografija ili zračno snimanje koristi se najviše u planiranju uporabe zemljišta, arheologiji, filmskoj produkciji, studijama o okolišu, pri snimanju klimatskih promjena u svijetu, video nadzoru, tržišnom oglašavanju i umjetničkim projektima te agrikulturi. Zračni snimci često se obrađuju u sustavu GIS-a. Napredak u radio-kontroliranim modelima omogućio je letjelicama modelima obavljanje zračnog snimanja na malim visinama. To je doprinijelo oglašavanju nekretnina u kojem komercijalno i rezidencijalno vlasništvo čine fotografski subjekt. Velikim ekipiranim letjelicama zabranjeni su niski letovi nad naseljenim područjima. Modeli letjelica malih dimenzija nude povećan fotografski pristup prethodno zabranjenim područjima. Minijaturne letjelice ne zamjenjuju velike letjelice jer su velike letjelice sposobne za dulja letenja, veće visine i nošenje veće opreme. [3]

Minijaturne letjelice ipak su korisne u svim situacijama u kojima bi velike letjelice bile opasne za djelovanje. Primjeri takvih situacija uključuju inspekciju transformatora na dalekovodima, telekomunikacijskih stupova, vjetrenjača, vodenih tornjeva, mostova i sličnog (slika 2).

Slika 2. Inspekcija GSM telekomunikacijskih tornjeva i vodenih tornjeva, tvrtka HexaWorx, upotreba drona firme DJI

Danas se dronovi vrlo često koriste u građevinskoj struci kao alat nadzora, praćenja napretka projekta i definiranja parcele. Mnoge građevinske firme kao jednu od usluga nude prikaz napretka kroz timelapse drone fotografiju i video, a često se i parcele do kojih je fizički nemoguće doći snimaju dronom kako bi se odredila pozicija na kojoj je moguće izvoditi radove. Za ovakve građevinske snimke kao što su prikazane na slici 3 i 4, koristi se mali i brzi dron koji je dovoljno velike snage i jačine kamere kako bi uhvatio potreban broj detalja na sceni.

Slika 3. Praćenje napretka i stanja građevinskog zemljišta dronom DJI Phantom 4 (autorska fotografija)

Slika 4. Praćenje napretka i stanja građevinskog zemljišta dronom DJI Phantom 4 (autorska fotografija)

No takvim malim dronom može se prakticirati zračna fotografija i u svrhe praćenja evenata, okupljanja, događanja, vjenčanja, snimanja koncerata, reklama… Dronovi danas pronalaze svoju upotrebu u mnogim granama inudstrije, a jedna od njih je i agrokultura.

Tehnologija dronova pomaže optimizaciji proizvodnje u agrokulturi. DJI je razvio posebnu seriju dronova za agrikulturu koji imaju za praćenje mnogih parametara uzgoja i održavanja zemlje i usjeva (slika 5). Ovi dronovi daju precizne informacije koje pridonose povećanju proizvodnje, održivom razvoju agrokulture, smanjenju stakleničkih plinova, a sve to uz jednaku površinu obrađene zemlje. Neki od ovih dronova opremljeni su i termalnom kamerom kako bi se dobili i dodatni podatci i otklonili problemi u poljima. [4]

Slika 5. DJI dronovi za agrikulturu

Dronovi već sada imaju veliku ulogu u filmskoj industriji, a s vremenom bi mogli skoro u potpunosti zamijeniti neke druge metode koje su se do sada koristile. Na slici 6 možemo vidjeti prikaz drona “Inspire” firme DJI na filmskom setu te opremu koja je potrebna za upravljanje dronom, u ovom slučaju odgvarajući upravljač i eksterni uređaj u svrsi ekrana (iPad). Inspire 2 firme DJI jedan je od prvih dronova namijenjen posebno, ali ne i isključivo, filmskoj industriji s obzirom na svoju brzinu, okretnost, preciznost i kvalitetu izmjenjivih kamera i objektiva.

Slika 6. DJI Inspire dronovi na filmskom setu

2.2 Let dronom

DJI dronovi danas vodeći i najpristupačnijih na tržištu, a ono što ih čini specijaliziranima u ovom području je širok asortiman opreme i ponuda dronova različitih veličina, cijena i namjena. Ono što rukovanje i posjedovanje drona čini skupljim je njegova dodatna oprema. Neka dodatna oprema poput padobrana obavezna je kako bi se dron mogao registrirati. Također, prilikom leta dronom potrebno je poštivati pravilnike koje je postavila agencija za civilno zrakoplovstvo.

2.2.1 Osnovna oprema za rukovanje dronom

Da bi se posjedovalo dron i adekvatno rukovalo njime, osim samog drona potrebna je i dodatna oprema. U tu kategoriju spada skoro sve što nije sama letjelica, poput upravljača te uređaja koji će reproducirati sliku u upravljaču, a to je najčešće mobitel ili tablet poput iPada koji se zbog svog retina ekrana smatra

najkvalitetnijim za reprodukciju slike na uvjetima jakog osvjetljenja gdje je puno teže vidjeti sliku na ekranu. Uz to, za neke uvjete potrebno je imati i sjenilo koje je nekada prijeko potrebno ako se uslijed nedostatka hlada ne može jasno vidjeti slika na ekranu (slika 7). Neke vrste novijih dronova imaju integrirani ekran u upravljaču, poput DJI Phantoma 4, čiji ekran ima 1000 cd/m2 (Kandela po metru kvadratnom) svjetline što je više nego duplo od konvencionalnih pametnih uređaji poput mobitela. Stvara svijetle i jake boje, lako vidljive na direktnoj sunčevoj svjetlosti. [4]

Slika 7. Usporedba: Upravljač Phantoma 3 sa eksternim uređajem (iPadom) i sjenilom za bolju vidljivost te upravljačPhantoma 4 sa integriranim ekranom

Za adekvatno spremanje i prenašanje drona potreban je i odgovarajući spremnik koji je opremljen spužvama za zaštitu prilikom prenošenja. Za svaki dron firme DJI postoji nekoliko različitih modela takvog kofera, od veličine ruksaka do kofera, ovisno o potrebnoj razini sigurnosti. Na slici 8 prikazana je usporedba većeg kofera namijenjenog DJI Phantomu 4, gdje nije potrebno skidati elise te manjeg, kompaktnijeg spremnika, u obliku ruksaka, gdje je potrebno detaljnije rastaviti dron kako bi se spremio. Na slici možemo vidjeti kako oba spremnika podržavaju dodatne baterije koje su prijeko potrebne, mjesto za upravljač te rezervne elise. Potrebno je imati i minimalno 2 rezervne baterije s obzirom da je trajanje jedne baterije nekog prosječnog drona poput Phantoma 3, relativno kratko, cca 25. min

(ovisno o uvjetima, vjetru i sličnom). Obavezno je posjedovati i padobran bez kojega nije ni moguće dobiti dozvolu za let i registrirati dron (slika 9). Ukoliko dođe do pada uslijed kvara ili oštećenja drona, udarca ili neke druge poteškoće, otvaranjem padobrana može se spriječiti ili umanjiti potencijalna šteta dronu, nekom objektu ili pojedincu.

Slika 8. Usporedba: Veći spremnik drona Phantom 4 gdje nije potrebno skidati elise te manji kompaktniji spremnik rastavljenog drona Phantom 3

Slika 9. Pozicija sklopljenog padobrana na DJI Phantomu 4 te prikaz otvorenog padobrana u letu

Također, potrebno je posjedovati i nekoliko memorijskih kartica na koje se bilježe fotografije i video. Poželjno je imati onoliko kartica koliko se letova planira odraditi (3 baterije – 3 kartice) kako bi se sačuvali podatci iz prethodnih snimanja u slučaju mogućeg pada, oštećenja i gubitka drona. Svakako je potrebno imati i rezervne elise, za slučaj da dođe do manjih oštećenja prilikom leta.

2.2.2 Pravilnici za let

Rukovatelj dronom, prema Pravilniku, 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. 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 naputkom za korištenje aerodroma. [6] Na stranicama CCAA [1] stoji kako su na sustave bespilotnih zrakoplova kada se koriste u Republici Hrvatskoj primjenjivi sljedeći zakoni: Pravilnik o sustavima bespilotnih zrakoplova, Pravilnik o letenju zrakoplova, Provedbena uredba Europske Komisije br. 923/2012, Zakon o zračnom prometu.

Pravilnikom se definiraju tipovi i vrste letjelica, kategorije letačkih operacija, obvezno osiguranje u skladu s propisom kojim se uređuju obvezna osiguranja i prometu, dopuštenje za upotrebu radiofrekvencijskog spektra za uređaje koje koristi bespilotna letjelica (upravljanje, preuzimanje video signala…) te označavanje letjelica težih od 5 kilograma. Usprkos tome što primjerice dronovi, iako je zapravo riječ o bespilotnim letjelicama, imaju i svjetla za označavanje, ali ipak ne bi smjeli letjeti noću.

Najveći bespilotnih letjelica jest činjenica da moraju biti u vidnome polju jer nisu opremljene radarom koji bi omogućio lakše izbjegavanje objekata iako onaj koji upravlja letjelicom može pratiti njezino kretanje i putem kamere koje mnoge od njih imaju kako za snimanje tako i za praćenje leta. [3]

2.2.2.1 Klasifikacija područja letenja

Prema Pravilniku Hrvatske agencije za civilno zrakoplovstvo (CCAA), letačke operacije sustavima bespilotnih zrakoplova smiju se izvoditi kada operator sustava bespilotnog zrakoplova Hrvatskoj agenciji za civilno zrakoplovstvo dostavi Izjavu operatora sustava bespilotnog zrakoplova za izvođenje letačkih operacija kategorije A, B i C; ili kada operator sustava bespilotnog zrakoplova ishodi odobrenje Hrvatske agencije za civilno zrakoplovstvo za izvođenje letačkih operacija kategorije D. Rukovatelji dronova koji imaju namjeru izvoditi letačke operacije kategorije C i D moraju položiti teorijsko poznavanje zrakoplovnih propisa. [1] Zone se definiraju na sljedeći način (tablica 1):

1. Kategorija A - 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. Kategroija B - 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. Kategorija C - 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. Kategorija D - Gusto naseljeno područje: Područje uskih urbanih zona (središta gradova, naselja i mjesta).

Tablica 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

2.2.2.2 Zakon o snimanju iz zraka

Prije bilo kakvog snimanja bespilotnim letjelicama treba pogledati pravilnik o sustavima bespilotnih letjelica kojeg su objavile samo Narodne novine, a primjer jednog zakona kaže da pravne i fizičke osobe smiju snimati iz zraka nakon pribavljenog odobrenja za snimanje iz zraka. Također, u ovom zakonu, „snimateljem“ se naziva pravna ili fizička osoba koja ima registriranu djelatnost snimanja iz zraka. Jedna od odredbi koja glasi „Zrakoplov za snimanje iz zraka (u daljnjem tekstu: zrakoplov) je svaka letjelica koja se može koristiti u operacijama snimanja iz zraka u skladu s propisima koji uređuju zračni promet u Republici Hrvatskoj“, a u tu kategoriju spadaju i bespilotne letjelice (dronovi). [5]

Tu se može naći i cijeli niz zakona o snimanju vojnih, civilnih, industrijskih, gospodarskih i poljoprivrednih lokacija, a jedna odredba kaže kako se ciljano snimanje iz zraka pojedinih industrijskih, gospodarskih, poljoprivrednih lokacija i građevina za potrebe vlasnika, odnosno korisnika lokacije i građevine može obaviti sustavima bespilotnih zrakoplova u skladu s propisima o sustavima bespilotnih zrakoplova bez Odobrenja za snimanje iz zraka izdanog od strane Državne geodetske uprave, kada se obavlja unutar granica navedene lokacije i građevine u svrhu praćenja stanja izgrađenosti, oštećenosti odnosno zaštite. Iz ovoga se može zaključiti kako nije potrebno tražiti Odobrenje za snimanje iz zraka za apsolutno svaki let, samo je bitno dobro i detaljno pročitati pravilnik prije započinjanja leta dronom u bilo koje svrhe. U slučaju da let odvija pravna osoba i to prodaje kao svoju uslugu, svakako je bitno da je letjelica registrirana.

Jedan od zakona kaže i kako izvještavanja o kulturnim i sportskim priredbama/manifestacijama te izvanrednim događajima kao što su prometne gužve, velike prometne nesreće, prirodne nepogode (poplave, požari, potresi i sl.) smiju snimati isključivo televizijske kuće s nacionalnom koncesijom te pravne ili fizičke osobe koje obavljaju snimanja za njih. Zato je prilikom upošljavanja odgovorne osobe za ovakvo snimanje bitno provjeriti ima li odgovarajuću dozvolu. Kada se traži Zahtjev za izdavanje odobrenja za snimanje iz zraka, potrebno je dati podatke o: naručitelju snimanja, operateru snimanja, snimatelju, zrakoplovu, operateru zrakoplova, vremenu snimanja, svrsi snimanja, potrebno je dati plan snimanja na karti u mjerilu 1:100 000 ili krupnije s označenim područjem snimanja, podatak radi li se o ciljanom snimanju (u slučaju ciljanog snimanja priložiti popis lokacija i građevina) podatke o vrsti snimanja (analogno/digitalno), MS/GSD, kameri/senzoru, žarišnoj daljini objektiva, obliku zapisa (filmu ili formatu digitalnog zapisa snimka) i mjesto čuvanja snimljenog materijala. Također nakon snimanja koja zahtijevaju odobrenje, potrebno je i Odobrenje za uporabu zračnih snimaka koje se izdaje nakon što Povjerenstvo, u roku od 15 dana od dana dostave originalnih i kompletnih zračnih snimaka, odredi koji se snimci smiju koristiti u skladu s podnesenim zahtjevom. Temeljem zaključka Povjerenstva, Državna geodetska uprava izdat će odobrenje za uporabu zračnih snimaka. Cijeli primjer Zakona o snimanju iz zraka može se naći na stranicama Narodnih Novina. [6]

S obzirom na porast broja malih korisnika dron letjelica, koji svakodnevno raste, teško je očekivati da će svaki let biti prijavljen i izveden prema propisima. Manji je broj korisnika koji nisu pravne osobe, a koji su svoj dron prijavili Hrvatskom civilnom zrakoplovstvu. S obzirom da je posjedovati dron danas postao luksuz koji si mnogi mogu priuštiti, tako je i broj korisnika postao toliki da je preteško kontrolirati tko poštuje propise, a tko ne. Mnogo je korisnika koji dronove koriste u osobne svrhe, a sve je veći broj i turista koji danas na godišnje odmore nose dronove i snimanju svoje odmore kao što se to nekada radilo običnim fotoaparatom i kamerom, stoga se može reći i da su dronovi danas postali dio svakodnevice i vrlo je teško kontrolirati legalne aspekte njihove upotrebe.

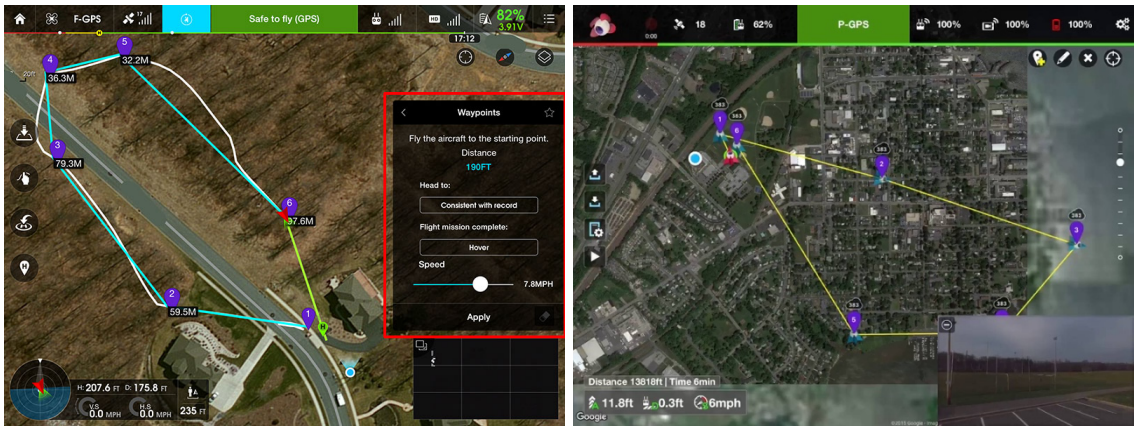
2.2.2.3. Upravljanje dronom

Upravljanje dronom danas je postalo poprilično jednostavno, a zahvaljujući dodatnoj opremi ugrađenoj u dronove i sam let je postao puno sigurniji. Neki dronovi poput DJI Phantoma 4 imaju ugrađene senzore sa svih strana (bočne, gornje, donje) koji smanjuju mogućnosti od sudara i pada te ovaj dron čine puno sigurnijim u odnosu na neke dronove koji nemaju tako napredne senzore. No prilikom svakog leta treba biti oprezan i ne oslanjati se isključivo na senzore i opremu drona. Također, važno je paziti da prilikom polijetanja nismo okruženi sa puno metalnih objekata, kao što je to recimo na parkiralištima, jer bi se mogao poremetiti kompas u dronu te postoji mogućnost da će javljati da je potrebna kalibracija kompasa (slika 10). Ukoliko dron prilikom leta izgubi signal, moguće je podesiti da nakon određenog postotka baterije kreće sam prema početnoj lokaciji. Ta opcija se zove „Return To Home“ (RTH – return home – navigacija s povratkom kući) te omogućuje povratak na mjesto polijetanja ili mjesto gdje se nalazi pilot odnosno operater. Tada postoje i problemi jer se letjelica vraća na zadanoj visini stoga problem nastaje ukoliko postoje prepreke jer ona nema radar kako bih ih izbjegla. Stoga je zanimljivo da se pravilnikom reguliralo da letjelica mora biti na optičkoj vidljivosti i ne na većoj udaljenosti od 500 metara.

Slika 10. Potrebna kalibracija kompasa uslijed interferencije

Neki dronovi poput DJI Phantom Vision 2+, 3 i 4 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“.

Neke letjelice, pa tako i ono što se kolokvijalno zove dronom po kojim većina smatra različite koptere bez obzira na broj motora odnosno elisa, mogu samostalno letjeti i na udaljenostima mnogo većim od 500 metara što prije svega ovisi o tipu i vrsti pogona, snazi upravljačkog sustava odnosno sustav koji omogućuje prijenos video signala. Važno je spomenuti da mnogi dronovi danas imaju mogućnost samostalnog leta po unaprijed određenoj ruti (Waypoint) (slika 11). Ovo je vrlo praktično recimo u području građevine, kada se snima isto zemljište nekoliko puta u vremenskom razmaku kako bi se pratio napredak i kasnije prikazao u videu.



Slika 11. Waypoint: let po zadanoj ruti

2.3 Vrste dronova

Dronovi se danas mogu podijeliti na osnovu nekoliko karakteristika i prema nekoliko kategorija kao što su način pripreme za upotrebu, cijena, veličina, broj elisa, vrsta kamere, domet leta itd. Prema Pravilniku, bespilotni zrakoplovi podijeljeni su u 3 klase: do 5 kilograma, od 5 do 25 kilograma te od 25 do 150

kilograma i to uključivo i 150 kilograma. [6] Razlike među dronovima mogu biti vrlo očite kao što su cijena ili proizvođač, ali ono što je važno je da uvelike utječu na količinu posla i truda koji će korisnik morati uložiti kako bi ih koristio.

2.3.1 Način pripreme za upotrebu

U ovoj kategoriji dronovi se mogu podijeliti u 3 skupine: RTF, BNF, ARF (slika 12). Ova podjela bazira se na radnjama koje je potrebno obaviti prije nego je uopće moguć let i snimanje dronom. Neke je samo potrebno napuniti, nekima treba staviti elise, neke treba spojiti s upravljačem, a neke treba slagati iz dijelova. Sve ovisi o stupnju iskustva i preferencama korisnika.

RTF (*Ready to fly*) dronove moguće je više-manje upotrijebiti odma po vađenju iz pakiranja. Potrebno je napuniti baterije i možda staviti elise te povezati dron s upravljačem. Povezivanje se odvija putem Wifi ili Bluetooth mreže. U ovu kategoriju spadaju i DJI Phantom dronovi koji se s upravljačem povezuju putem Wirelessa. Ovi dronovi su dobar izbor i za početnike, a raspon cijena je širok, od jeftinih do poprilično skupih s obzirom da su namijenjeni širom rangu korisnika i sposobni su za puno različitih operacija.

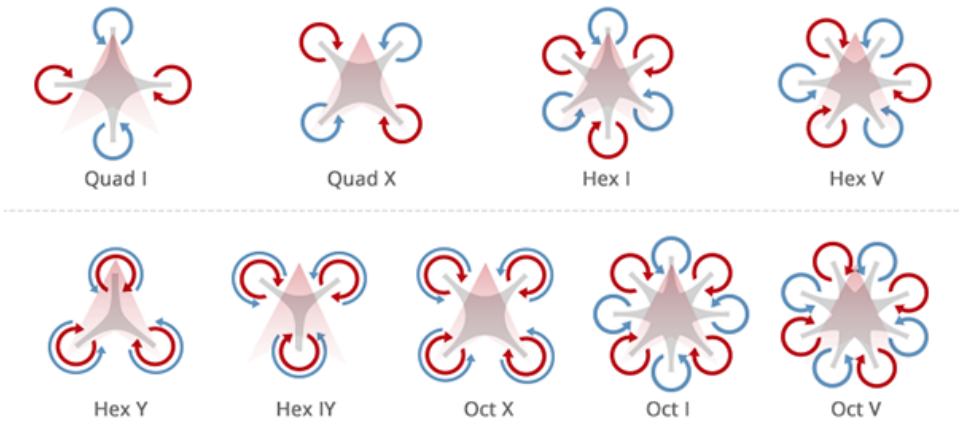
BNF (*Bind-N-Fly*) dronovi se prodaju kao potpuni quadcopteri, ali ne dolaze s upravljačem. Potrebno je kupiti zasebni upravljač ili je moguće koristiti neki postojeći. Ovo nije uvijek sigurna opcija, ali u teoriji, jedan upravljač bi mogao upravljati s dva različita drone (ne u isto vrijeme). Nisu uvijek kompaktibilni ali zato postoji mnogo alternativnih upravljača na tržištu za ovakve situacije.

Na ARF (*Almost Ready to Fly*) potreban je neki rad prije mogućnosti leta. Ponekada ih je potrebno složiti iz dijelova, a najvjerojatnije uz ovakav dron ne dolazi upravljač, odašiljač niti prijemnik. Ovi dronovi nisu namijenjeni početnicima, ovakve uređaje koriste iskusni letači i korisnici dronova koji imaju postojeće dijelove i znaju kako ih prebaciti i iskoristiti u drugom uređaju. [7]

Slika 12. S lijeva na desno: RTF dron s upravljacem, BTF dron bez upravljaca, ARF dron bez odašiljača i prijemnika

2.3.2 Broj propelera

Prema broju propelera (elisa) dronovi se mogu podijeliti u nekoliko kategorija. Osim po samom broju propelera, dronove se može i kvalificirati prema poziciji propelera na letjelici i načinu na koji se propeleri odnosno elise vrte (slika 13). Dron DJI Phantom 3, koji je korišten za praktični dio ovoga rada, spada u kategoriju *quadcoptera (*dron s četiri propelera) te se dvije susjedne elise uvijek vrte u drugom smjeru. Razlika između Quad I i Quad X dronova koji oboje imaju 4 propelera je u poziciji propelera u odnosu na tijelo samog drona, odnosno smjer kretanja i orijentaciju kamere. Prema broju propelera dronovi se mogu podijeliti na multirotor dronove, gdje spadaju svi dronovi koji imaju više od jednog propelera, single rotor dronove s jednim propelerom (tzv helikopter dronovi), dronove s fiksnim krilima (*fixed wing* dron) te hibridne dronove.



Slika 13. Podjela dronova prema broju propelera

2.3.2.1 Multirotor dronovi

Multirotor dronovi su najpopularnija vrsta dronova koju koriste ljudi iz hobija, ali i profesionalci. Svrha česte upotrebe ovih dronova je različita, ali najčešće podrazumijeva i uključuje zračnu fotografiju, video nadzor, mjerenje i slično. Odlični su za dizanje malih kamera u zrak u kratkom vremenskom roku, a daju i puno više kontrole pri pozicioniranju i kadriranju kako bi dobili savršenu fotografiju iz zraka. Financijska barijera za ulazak na tržište multirotor dronova je mala, zahvaljujući razvoju tehnologije mobilnih uređaja koja je omogućila da cijena komponenata za dronove postane znatno manja i jeftinija. Od četiri postojeća tipa drona, multirotor dronovi su najlakši za proizvesti i najekonomičniji za let.

Multirotor dronovi (slika 14) se dijele na osnovu broja propelera na zračnoj platformi. *Tricopteri* imaju tri propelera, *quadcopteri* imaju četiri propečera, *hexacopteri* imaju šest propelera, a *octocopteri* imaju osam propelera. *Quadcopteri* su najčešće korišteni i najpopularniji.

Česti problem odnosno nedostatak kod ove skupine je ograničeno vrijeme leta, smanjena izdržljivost i brzina. Nisu pogodni za letove na veliku udaljenost, mapiranje ili inspekciju. Glavni uzrok tog problem je da većina energije iz baterije ode u motore propeler za održavanje drona u stabilnoj poziciji leta. Trenutno multirotor dronovi mogu letjeti najduže 20 do 30 minuta s minimalnim teretom, ovisno o modelu, bateriji, veličini itd. [8]

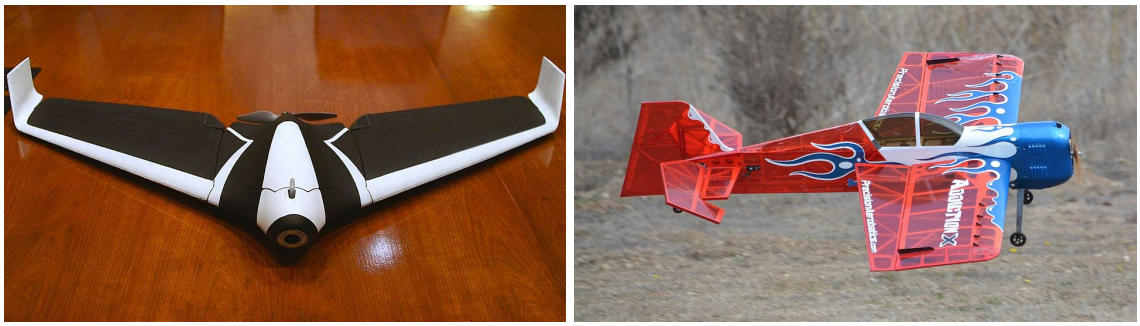
Slika 14. Lijevo: Quadcopter – DJI Phantom dron s 4 propelera, desno: octocopter – DJI S1000 dron s 8 propelera

2.3.2.2. Dronovi s fiksnim krilima

Ova vrsta dronova koristi iste principe koje zrakoplovi koriste da bi poletjeli i letjeli, koristeći krila za okomito dizanje umjesto propelera koji stvaraju okomiti potisak. Okomito dizanje se generira kao posljedica kretanje krila unaprijed kroz zrak, čineći ovo učinkovitijim i efikasnijim načinom generiranja okomitog dizanja. Dronovi s fiksnim krilima (slika 15) su u mogućnosti putovati na duže udaljenosti, šira područja na karti i ostati unutar neposredne blizine točaka interesa. Skupa sa većom efikasnošću generiranja potiska, ovu dronovi su u mogućnosti koristiti i motore pogonjene benzinom. Zbog energetske gustoće ove vrste goriva, dronovi na koji voze na benzin mogu ostati u zraku više od 15 sati.

Najveći nedostatak dronova s fiksnim krilima je njihova nemogućnost da lebde preko jedne točke, što ih čini neupotrebljivima za snimanje zračne fotografije i videa. Polijetanje i slijetanje ovakvi dronova također može biti problematično. Da bi ih se diglo u zrak potrebna je neka vrsta piste ili katapulta. Da bi se dron spustio potrebna je pista, padobran ili mreža kako bi se sigurno uzemljio. Jedino jako mali dronovi su prikladni za polijetanje iz ruke i slijetanje na otvorenom polju.

Ovi dronovi su skuplji za upotrebu i let, generiranje slike nije jednostavan zadatak kao što je odabir kadra i slikanje kod multirotor dronova. Potrebno je napraviti stotine tisuća slika za vrijeme leta koje se onda spajaju u jednu kako bi se generirala finalna slika. [8]



Slika 15. Dronovi s fiksnim krilima, nalik zrakoplovima

2.3.2.3 Single rotor dronovi

Dok multirotor dronovi koriste veći broj propelera kako bi generirali vertikalni potisak, single rotor dronovi, odnosno dronovi s jednim propelerom (slika 16), koriste samo jedan, zajedno s repnim propelerom za kontroliranje smjera. Helikopteri su vrlo česti u zračnom letu s pilotima, ali vrlo rijetka pojava u zajednici dronova.

Helikopter dronovi generiraju više efikasnosti od multirotora i mogu biti pogonjeni benzinskim motorom za duže letove. Veći propeler koji se okreće sporije efikasnije generira potisak što je razlog zašto quadcopteri za veće udaljenosti imaju veći dijametar propelera. Ako upotreba zahtijeva nošenje velikog tereta, poput skenera, ili je potrebna kombinacija duže izdržljivosti s letom unaprijed, onda je single rotor helikopter idealno rješenje.

S obzirom na poteškoće u letenju i upravljanju, single rotor dron je negdje između multirotor drona i drona s fiksnim krilima. Lebdjeti helikopter dronom preko zadane točke je relativno jednostavno a let unaprijed je moguće usavršiti uz praksu. Ali helikopter dronovi nisu jako stabilni prilikom leta i zahtijevaju dobre sposobnosti da bi se održali u zraku. Također, zahtijevaju i više mehaničkog održavanja zbog povećane složenosti. [8]

Slika 16. Dronovi s jednim propelerom - helikopter (single rotor) dronovi

2.3.2.4 Hibridini dronovi s fiksnim krilima

Nova se kategorija hibridnih dronova s fiksnim krilima, koji mogu poletit i sletit okomito, razvija sve više. Ovi dronovi ujedinjuju koristi dronova s fiksnim krilima s mogućnošću lebdjenja koje imaju multirotor dronovi. Neki od ovih koncepata hibrida su ubiti samo dronovi s fiksnim krilima sa motorom za vertikalni potisak. Drugi vrsta dizajna ima rep aviona koji sjedi na zemlji i upire vertikalno za uzlijetanje prije nego se prebaci u poziciju za horizontalni let. Neke vrste dizajna posjeduju propeler ili cijelo krilo s propelerima koje može biti okrenuto prema gore za polijetanje i horizontalno za let unaprijed.

Neke od ovih konfiguracija dizajna su isprobane još u 1950-ima i 1960-ima za let avionima s pilotima, ali su proglašeni previše složenima i teškima za upravljanje. Mnogi od ovih letova završili su katastrofalnim rezultatima. Prednosti modernih računala za let i napredovalih senzora su mogućnosti da se let ovih drona odvija putem računala. Trenutno postoji šačica hibridnih letjelica dostupna na tržištu. Međutim, moguće je očekivati da će se uskoro vidjeti više ovakvih vrsti dizajna kako tehnologija napreduje. Jedan primjer ovakve letjelice je Amazonov Prime Air Delivery dron (slika 17). [8] Ovaj napredni uređaj može odrađivati različite funkcije dostavljanja robe kao što je dostava određenih artikala na vrata, svega par sati nakon što su artikli naručeni.

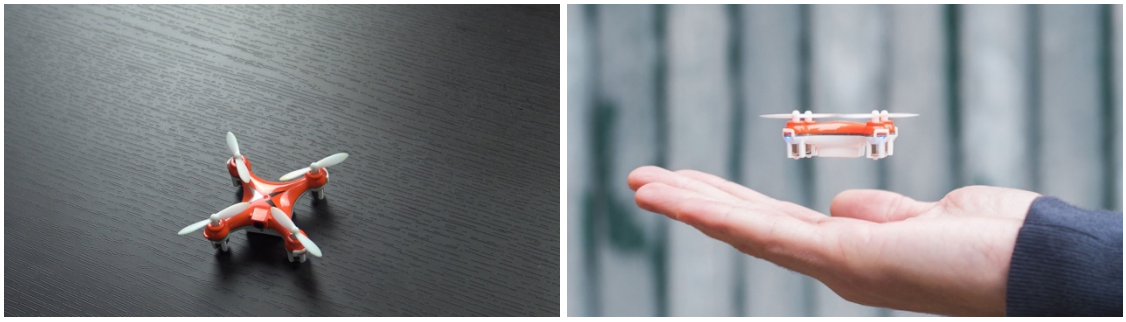
Slika 17. Amazonov Prime Air Delivery Dron, namijenjen za dostavu

2.3.3 Veličina

Dronovi se prema veličini mogu podijeliti u 4 skupine: mini dronovi, mali dronovi, srednji dronovi, veliki dronovi. O veličini drona ovisi i težina i količina fotografske opreme koju će dron biti u mogućnosti nositi. Također, veličina drona vrlo često određuje i njegovu svrhu.

2.3.3.1 Mini dronovi

U kategoriju mini dronova spadaju mikro/nano dronovi (slika 18), koji mogu biti dizajnirani u rangu od veličine kukca do nekoliko desetaka centimetara velikog kućišta. Nano dronovi su često korišteni, zbog svoje minijaturne strukture i lagane konstrukcije, u svrhu potencijalnih oružja ili špijunaže. [9] Ovi dronovi često se smatraju „igračkama“, a upravljati njima vrlo je jednostavno. Također, s obzirom da su iznimno lagani te imaju jednostavnu strukturu, manja je mogućnost od oštećenja prilikom slijetanja, polijetanja ili sudara.



Slika 18. HJ 993 Super-Mini Nano Assi RC Quadcopter

2.3.3.2 Mali dronovi

Mali dronovi (slika 19) su veće veličine od mikro dronova, što znači preko 50 centimetara, ali uobičajeno ne prelaze veličinu od 2 metra. U ovu kategoriju spadaju i dronovi s fiksnim krilima i dronovi s rotacijskim propelerima. Primjer jednog malog drona je DJI Mavic Pro, mali i snažan dron koji ima jednako kvalitetnu kameru kao i DJI Phantom 3, samo što je lakši i manji. Mali dronovi

najčešće imaju integrirane kamere ili su ponekad u mogućnosti nositi lake eksterne uređaje poput Go pro kamere. U početku, prvi DJI Phantom dronovi nisu imali integrirane kamere već su imali kućište s gimbalom za stabilizaciju u koje je bilo moguće umetnuti Go pro ili sličnu kameru. Sada su kamere ovakvih dronova neizmjerno napredovale te se zbog svoje kvalitete danas mogu koristiti za različita snimanja i fotografiranja. Neke kamere imaju i mogućnosti snimanja u 4k, 6k, slow motionu, 360°, izradu HDR-a unutar samog uređaja i slično.

Slika 19. DJI Mavic Pro, snažni mali dron sa ugrađenom kvalitetnom kamerom

2.3.3.3 Srednji dronovi

Dronovi srednje veličine su manji od laganih zrakoplova i letjelica, ali i dalje poprilično veliki. Najčešće je potrebno dvoje ljudi kako bi ih se prenašalo. [9] Neki od ovih dronova koriste se i u filmske svrhe (slika 20) jer su ovakvi dronovi u mogućnosti nositi veći teret odnosno bolju fotografsku opremu, no nekada se koriste i dronovi srednje veličine koji imaju manje, ali kvalitetne kamere. Na ovakve dronove moguće je staviti velike i teške kamere i fotoaparate, no što je teža dodatna oprema, dron će brže trošiti bateriju stoga se i kod ovakvih dronova često stavljaju specijalne, lakše kamere pogodne upravo za let dronom. Također kamera mora biti i otporna, a potrebno ju je zaštititi i od atmosferskih uvjeta, kukaca ili potencijalnih oštećenja koja mogu nastati u zraku. Kamere integrirane u samom dronu najčešće su rađene tako da imaju vrlo visok stupanj otpornosti.

Slika 20. Dronovi srednje veličine koji na sebi nose eksternu fotografsku opremu za fotografiranje i snimanje filmova

2.3.3.4 Veliki dronovi

U kategoriju velikih dronova spadaju letjelice velike čak i poput malog zrakoplova, a svojim izgledom i podsjećaju na zrakoplove. Vojska često koristi ovakve dronove i šalje ih u područja visokog rizika umjesto aviona koji sadrže pilote i putnike. Nadzorne obaveze se mogu također obavljati sa ovakvim dronova zahvaljujući iznimno jakim kamerama koje su pričvršćene za tijelo drona i mogu proučavati područje sa nekoliko stotina metara u zraku. Ovakvi dronovi mogu nositi teret mnogo veće kilaže nego dronovi srednje veličine. Poznati dronovi ove kategorije su UK watchkeeper i NASA-ina letjelica (slika 21). Ovakve bespilotne letjelice obavljaju niz zadataka kao što su praćenje vremenskih uvjeta, nadzor, ciljanje, upoznavanje s novim i nedostupnim terenima, obavještajne svrhe itd.

Slika 21. Veliki dronovi - letjelice: s lijeve strane NASA-ina letjelica, s desne UK watchkeeper letjelica

2.3.4. Domet

Domet se odnosi na udaljenost od korisnika na koju je dron u mogućnosti letjeti prije nego što izgubi kontakt sa upravljačem, odnosno korisnikom. Prema dometu, dronovi se mogu podijeliti u četiri kategorije: VCR (*Very Close Range*), CR (*Close Range*), SR (*Short Range*) i MR (*Mid-Range*). S obzirom da se ova podjela odnosi na sve vrste bespilotnih letjelica u koju spadaju i iznimno velike letjelice, većina dronova koju danas koriste rekreativci i amateri, ali i profesionalci zapravo spada u skupinu VCR, odnosno dronova koji funkcioniraju na „vrlo malom“ dometu.

VCR (*Very Close Range*) dronovi su većina dronova koje danas srećemo dostupne svakome tko si ih može priuštiti, od malih dronova igračaka do nešto većih profesionalnijih dronova kojima se mogu odrađivati snimanja. Njihov domet je unutar 5 km. Mogu ostati u zraku od 20 minuta pa sve do sat vremena.

CR (*Close Range)* dronove može se kontrolirati čak i sa 50 km udaljenosti od korisnika. Snažna baterija omogućuje im održavanje u zraku čak i do 6 sati. Vojska često koristi ovakve dronove za svrhe brzih nadzora.

SR (*Short Range*) dronovi su koje se može kontrolirati i sa 150 km udaljenosti. Mogu ostati u zraku i do 12 sati, a također su popularni u svrhe špijunaže i nadzora.

MR (*Mid-Range*) dronovi se mogu kontrolirati čak isa do 650 km udaljenosti. U usporedbi sa dronova koji se svakodnevno koriste, poput Phantoma 3 Advanced domet je skoro 5 kilometara, to je skoro 162 puta više. Ovi dronovi su tehnički i funkcionalno superiorni nad drugim dronovima. Iznimno su izdržljivi te imaju vrlo snažnu opremu i vrlo jake baterije koje mogu održavati let danima. Primarna upotreba ovih dronova je nadzor, ali popularni su izbor i kod znanstvenih prikupljanja podataka poput vremenskih uvjeta i promjena i geo-mapiranja određenih regija. [9]

2.3.5. Oprema

Dronovi danas dolaze s toliko mnogo dodatne opreme da cijena jednog drona koji recimo košta 30 tisuća kuna može skočiti i do 50 tisuća kuna ako ga se kupuje sa dodatnom opremom koja uključuje stvari poput padobrana, kvalitetne eksterne kamere, dodatnih baterija i ostalog. Za neke dronove potrebno je, osim upravljača koji dolazi uz dron, imati i mobitel ili tablet, a najčešće je korišten iPad, zbog svog retina zaslona koji pruža dobru vidljivost i po najvećem suncu. Tako je, recimo, cijena jednog DJI Phantoma 3 Proffesional drona oko 10 tisuća kuna, a uključuje padobran, dron, bateriju i upravljač. Uz to potrebno je kupiti i tablet za upravljanje dronom ukoliko se neće koristiti mobitel, a to je još nekoliko tisuća kuna. Naravno, uz to sve potrebno je kupiti i kofer ili ruksak za sigurno spremanje i prenašanje drona, nekoliko rezervnih baterija, kartice za spremanje video i foto sadržaja te sjenilo za lakše upravljanje po suncu. Uz svu ovu dodatnu opremu, cijena s finalnom opremom može se popeti i na duplo veći iznos od samog drona. Još jedan primjer je recimo dron DJI inspire 1 sa 4k kamerom, čija je osnovna cijena oko 30 tisuća kuna. Uz ovaj dron moguće je ugraditi i Mayday senzor za padobran koji košta nešto više od tisuću kuna, a ugradnja padobrana još tristotinjak kuna. Dvije rezervne baterije koštaju oko 1500 kuna. Za ovaj dron padobran (MARS System V2) se prodaje zasebno te košta oko 3 tisuće kuna, a postoje još oko tisuću kuna.

Osim dodatne opreme, firme koje su licencirane za prodaju i popravak ovih dronova nude i edukaciju za rad sa dronovima, a edukacija za upravljanje Phantomom 3 Proffesional i Inspire 1 dronovima košta oko 300 kuna/sat te uključuje 5 sati edukacije. Nakon edukacije korisnik dobiva potvrdu te na taj način može dobiti i licencu. U tablici 2 mogu se vidjeti cijene spomenutog drona i dodatne opreme, a svi podatci se baziraju na ponudi koja je dobivena od tvrtke AVITEH Audio Video Tehnologije d.o.o., koja je zastupnik i distributer dronova DJI kompanije. Svaki dron marke DJI dolazi u nekoliko verzija, što znači i nekoliko razina opremljenosti i kvalitete opreme. Phantom 3 recimo dolazi u verziji Standard, Advanced i Professional. Razlikuju se po nekim karakteristikama kao

što su kvaliteta kamere, domet, cijena i Live View. Svi podatci o razlikama i karakteristikama ova tri modela drona nalaze se u tablici 3.

Tablica 2. Cijena drona DJI Phantom 3 Professional i dodatne opreme

ARTIKAL	KOLIČINA	CIJENA
DJI Phantom 3 Professional + Padobran + dodatna baterija Gratis	1	10.280,80 kn
DJI Phantom 3 Part 12 Battery	1	936,00 kn
DJI Phantom Series - Multifunctional Backpack	1	1.424,00 kn
DJI Inspire 1-P3 Part 57 Remote Controller Monitor Hood (For Tablets)	1	120 kn
iPad (tablet uređaj)		oko 3.000 kn
Edukacija za Phantom 3 Professional	5 sati	1500 kn

Tablica 3. verzije DJI Phantom 3 drona i njihove karakteristike

ARTIKAL	KARAKTERISTIKE
DJI Phantom 3 Professional	4K kamera / 12 MP, domet 3,5 km, Live HD View, senzori za Vision Positioning for Indoor Flight
DJI Phantom 3 Advanced	2.7K kamera, 12 MP, 3.5km domet, Live HD View, senzori za Vision Positioning for Indoor Flight
DJI Phantom 3 Standard	2.7K kamera / 12 MP, domet do 500m, Live 720p View

2.3.6 Kamera DJI dronova

Većina ljubitelja akcijskih kamera i fotoaparata vole kupovati dronove već opremljene kamerama kako bi uhvatili klasične snimke na nepristupačnim i avanturističkim lokacijama. [9] Filmska industrija ih često koristi za snimanje filmova, posebice otkako su najnoviji dronovi napredovali do te mjere da imaju 6k kameru. Primjer jednog takvog drona je DJI Inspire 2 kojeg je kompanija od početka dizajnirala sa svrhom da bude korišten u filmskoj industriji. Većina

akcijskih kamera ovih dana je već proizvedena sa posebnim nastavcima i držačima za postavljanje na dronove. Dronovi bi se unutar ove kategorije mogli podijeliti u 3 skupine, a za potrebe ovog rada, skupine će biti definirane unutar ponude dronova kompanije DJI. Prva skupina su manji dronovi koji imaju fiksne kamere koje se ne mogu mijenjati, odnosno korisnik ne može staviti bilo kakvu kameru na dron i upravljati njome preko aplikacije drona. U ovu skupinu spadaju dronovi poput DJI Mavica i DJI Phantoma. Druga skupina su dronovi koji imaju nekoliko postojećih vrsta kamere i opcija, poput DJI Inspire drona, gdje je moguće birati između nekoliko kategorija kvalitete kamere koja će biti ugrađena na dron. Ova skupina dronova mogla bi se nazvati podvrstom dronova s integriranom s obzirom da na njega ne možemo staviti bilo koji kameru nego možemo birati između nekoliko različitih kvaliteta iste kamere koju proizvođač nudi. Treća kategorija su dronovi koji u potpunosti podržavaju montiranje različitih fotoaparata i kamera na svoje tijelo. Ovakvi dronovi se često koriste u filmskoj industriji za nošenje teških i skupih kamera koje imaju po nekoliko desetaka kila. Jedan primjer takvog drona je DJI Spreading Wings S1000.

2.3.6.1 Integrirana kamera

Danas velika većina dronova na tržištu, koji su dostupni svima i koje koriste i amateri i profesionalci, ima integrirane kamere. Razlog tome je činjenica da su te kamere danas toliko kvalitetne da je u većini slučajeva nepotrebno koristiti eksterne uređaje za snimanje i fotografiranje. Ove kamere dolaze integrirane u dron zajedno s gimbalom, koji je zadužen za stabilizaciju kamere i slike, te imaju mnoge mogućnosti poput snimanja u RAW formatu, fotografiranja nekoliko ekspozicija uzastopno (*bracketing opcija*), HDR opciju, time lapse i mnoge druge.

Primjeri ovih dronova su DJI Phantom 3 i DJI Mavic. Kao što je prikazano u tablici 2, Phantom 3 dolazi u nekoliko verzija, Standard, Advanced i Proffesional, a o tome ovisi i jačina kamere i senzora. Sva tri imaju senzor od 12.4 M efektivnih piksela, dok Standard i Advanced imaju mogućnost snimanja u 2.7K rezoluciji, a Proffesional može snimati i u 4K. Sve tri verzije drona imaju 1/2.3” CMOS senzor

te leću FOV 94° 20 mm (ekvivalent 35 mm formatu) te otvor blende f/2.8 (fokus ∞). Iso raspon za fotografiju je 100 – 3200 za video dok je za fotografiju 100 – 1600. Na slici 21 nalazi se kamera drona Phantom 3 Advanced te kamera drona Mavic Pro koji ima kameru i senzor vrlo sličan Phantomu 3. On je manji i lakši od Phantoma 3, a njegova kamera ima CMOS senzor s lećom FOV 78.8° 26 mm (ekvivalent 35 mm formatu) te otvor blende f/2.2, distorziju manju od 1.5% i fokus od 0.5 do ∞. ISO vrijednosti su iste, može snimati u 4K, ima opciju *bracketing*, ali nema timelapse mogućnost. Na slici 22 vidi se način na koji je kamera pozicionirana na dronu te gimbal koji kameru drži. Prilikom spremanja drona u kofer ili odlaganja za vrijeme kada se ne koristi, dobro je na kameru staviti plastični nastavak koji učvrsti gimbal i kameru kako ne bi došlo do oštećenja prilikom prenošenja.

Slika 22. DJI Mavic Pro i DJI Phantom 3 Professional ga integriranom kamerom

DJI je trenutno vodeća firma u svijetu u platformama za zračnu fotografiju. Upravo je njihov prvi Phantom quadcopter započeo revoluciju u zračnoj fotografiji. Prvi DJI Phantom bio je vrlo sposoban komad hardvera koji je tada bio u mogućnosti u zrak dići GoPro kameru što znači kako tada prvi dron nije imao svoju ugrađenu integriranu kameru već je imao kućište s gimbalom koje je bilo namijenjeno da se u njega pričvrsti kamera poput GoPro-a, kao što se može vidjeti na slici 23. Na slici su također vidljivi i štitnici za propeler koji se mogu ugraditi na dron, a štite propelere prilikom mogućeg sudara. Iako su i drugi mali dronovi postojali prije Phantoma, Naza-M upravljač leta i njegova upotreba satelita za stabilizaciju zaslužna je za lakoću leta Phantomom i njegov uspjeh. Premda je ovo bilo prije

svega nekoliko godina, čini se kao kvantni skok u tehnologiji. U početku nisu postojali niti FPV (*First Person View*) upravljači, a ni mobilne aplikacije za let i upravljanje. Kamera je bila GoPro zakvačen za donji dio drona, a gimbal nije bio tako razvijen kao danas. Kasnije, DJI je lansirao Zenmuse gimbal, sa 2-osnom stabilizacijom, što je omogućilo glađe pokrete kamere bez „žele“ efekta (klimave video snimke). 2-osni gimbal je uklonio vibracije i također zadržao ravninu kamere u letu. Revolucionirao je industriju jer su korisnici konačno mogli slikati i snimati stabilne, glađe i upotrebljive snimke.

Sljedeći model bio je DJI Phantom 2, sa jačim motorima i baterijom koja nije zahtijevala spajanje sa puno kablove kao što je to bilo na prethodnom Phantomu. Jedna od njegovih opcija bila je dizanje GoPro-a u zrak sa 3-osnim gimbalom. Treća os je bila rotacija koja je bila glavni čimbenik koji je falio prethodniku. FPV (*First Person View*) još nije bio opcija, ali onda je DJI predstavio svoj Vision 2 Vision model. Ono što je bilo revolucionarno za ovaj dron je bio ugrađen FPV putem DJI Vision aplikacije. Ovo je konačno omogućilo korisniku da uživo vidi isto što i kamera vidi putem vlastitog mobitela. Vision 2 imao je i svoju prvu integriranu kameru te je bilo moguće kontrolirati funkcije kamere putem aplikacije, a postojala je i opcija da se nagne kamera koristeći akcelerometar u mobitelu. S obzirom da u početku nije bilo gimbala na ovoj letjelici, bilo je moguće slikati ali video nije bio dovoljno stabilan za korištenje. Na slici je prikazan Phantom s Go pro Hero 3 kamerom i prva verzija Phantoma 2 Vision s integriranom kamerom, bez gimbala. [10]

Slika 23. DJI Phantom 2 s GoPro Hero 3 kamerom i DJI Phantom 2 Vision s prvom integriranom kamerom

Phantom 2 Vision + (slika 24) prvi je model koji je konačno imao sve. Imao je Vision + kameru sa ugrađenim 3-osnim gimbalom i ažuriranu aplikaciju za više kontrole i bolji FPV. Kvaliteta kamere je bila solidna, ali je trebalo dosta postprodukcijskog posla kako bi rezultati bili dobri. Ipak, bilo je moguće dobiti neke prihvatljive fotografije i vide pomoću ove kamere.

Slika 24. DJI Phantom 2 Vision + sa prvom ugrađenom kamerom sa 3-osnim gimbalom

Phantom 3 je bio proizvod koji je DJI dronove doveo u eru „punoljetnosti“. Omogućio je laku izradu profesionalnih fotografija i videa. Kontrola leta je poboljšana, s mnogo više snage u baterijama. Ovaj proizvod je predstavljen na vrlo vješt i moderan način. Kontroler je potpuno redizajniran, sa zasebnim kontrolama za pokret kamere, okidač objektiva i ekspoziciju. U početku su bile 2 verzije: Phantom 3 Proffessional i Phantom 3 Advanced (slika 25). Najveća razlika bila je to što je Pro model mogao snimati u 4K, a Advanced u 2.7K. Modeli i kvaliteta kamere ovog proizvoda spomenuti su ranije u tekstu, a ono što je još važno za Phantom 3 je Lightbridge, HD FPV upravljač sa podosta velikim dometom. Lightbridge je originalno bio dostupan kao zaseban dodatak opremi za veće modele dronova i prvi puta je bio uključen uz dron tek kod modela Inspire 1. Omogućuje prikaz HD signala na zaslonu bez skoro ikakvog kašnjenja i kristalno jasnu sliku. Lightbridge funkcionira preko RF pa nema potrebe za dodatnom Wi-Fi jedinicom koja je pokretala originalnu Vision kameru. U to vrijeme, DJI je prebacio sve u svoj GO app koji se povezuje sa dronom i kamerom te pokreće liniju DJI proizvoda. Phantom 3 također ima i donje senzore za spuštanje poput Inspire 1 drona.

Nedugo nakon, DJI je na tržište izbacio još dvije verzije Phantoma 3 – Standard 4K. Poput Phantoma 2 Vision +, niti jedan od ovih modela nije koristio Lightbridge tehnologiju. Svrha je bila proizvesti „entry level“ platformu po vrlo maloj cijeni i označiti ju kao drona za početnike. Moguće ih je bilo kupiti i ispod 3.500 kn. Imali su iste kamere kao Advanced i Pro model pa je tehnički bilo moguće dobiti slike jednake kvalitete, ali njihov domet je mnogo ograničeniji i nemaju fizičke kontrole kamere na daljinskom upravljaču. Kamerom se upravljalo kroz aplikaciju. [10]

Slika 25. Lijevo: 4K kamera (DJI Phantom 3 Proffesional), desno: 2.7K kamera (DJI Phantom Advanced)

Nešto manje od godine dana nakon Phantoma 3, DJI je izbacio Phantoma 4 (slika 26). Glavni dodatak ovom dronu su motori sa više snage, elise koje su na klik umjesto da se zavrću, kompozitno integrirana kamera i još aerodinamičnije tijelo sa višim centrom gravitacije za bolji balans i stabilnost. Novo dizajnirana baterija je montirana više, kao što su i propeleru na dužim motorima. Ovo je pokušaj da se propeleri zadrže izvan kadra, što je bio problem kod prethodnika, a i da se održe veće brzine leta i novom sportskom načinu leta. Najveći dodatak ovome dronu su prednji senzori koji omogućuju prepoznavanje objekata. Detektiraju objekte i prepoznaju ih kao čovjeka, auto, predmet itd. Još jedna korist prednjih senzora je izbjegavanje sudara. Senzori mogu detektirati zidove, drveća, osobe i slično, a opcije mogu sadržavati stajanje, prelijetanje preko ili okolo prepreke pa čak i mijenjanje smjera drona. Također Phantom može slijediti objekt koji se kreće, a ova opcija se zove Active Track.

Slika 26. DJI Phantom 4 crni i. bijeli, njegov upravljač sa integriranim zaslonom

Sirovi zapis sadašnjih kamera DJI dronova sprema se u DNG formatu koji se može obrađivati, kao i svaki drugi sirovi format, u programima za tonsko mapiranje, izradu HDR-a, Photoshopu, Lightroomu i drugima. Upravo takva vrsta zapisa omogućuje izradu pseudo HDR fotografije koja je najbolje rješenje što se tiče izrade HDR fotografije dronom, upravo zbog nemogućnosti savršene stabilizacije drona kako bi dobili recimo 3 različito eksponirane fotografije iste scene.

2.3.6.2 Izmjenjiva kamera proizvođača

U ovu kategoriju spadaju dronovi koji imaju mogućnosti nadogradnje postojeće kamere ili odabira između ugradnje nekoliko postojećih modela kamera koje proizvođač nudi. Inspire 1 (slika 27) bio je prvi mali dron koji je inkorporirao sve DJI zasebne tehnologije u jednu letjelicu i bio je godinama ispred svoga vremena. Veća i teža letjelica od Phantoma, opremljena sa puno tehnologije. Njegove noge su proizvedene od karbonskih vlakana da bi bile lagane i snažne, a mogu biti u poziciji za slijetanje ili podignute za vrijeme leta, zajedno s propelerima kako bi se makli izvan gledišta kamere. Na ovom dronu nalazi se i sistem senzora za optički protok. Optički protok je set senzora orijentiranih prema dolje, a koriste sonični radar i optičku kameru da bi detektirali tlo. Kamera drona ima odvojiv gimbal kako bi se mogla mijenjati sa drugim kompaktibilnim kamerama. Ova kamera se može okretati 360 stupnjeva i kontrolira se putem upravljača. Dodatno, zasebni upravljač može koristiti drugi operator kako bi upravljao letjelicom dok

drugi kontrolira kameru. Njegova kamera može snimati 4K video, ima 12 MP a podržava i Adobe DNG Raw format. Inspire 1 koristi Lightbridge za duge domete HD FPV-a skoro bez ikakvog kašnjenja signala između kamere i upravljača. Također koristi DJI Go aplikaciju. Tek kasnije, DJI je izbacio dodatne kamere za Inspire 1. Danas je za ovaj dron dostupno 5 kamera (Zenmuse X3, Zenmuse X5, Zenmuse X5R, Zenmuse XT i Zenmuse Z3 (slika 28).

Slika 27. Pozicije tijela drona Inspire 1 sa osnovnom X3 kamerom

X5 kamera ima MFT (*Micro Four Thirds)* senzor. MFT sistem je standard koji su izbacili Olympus i Panasonic u 2008, za dizajn i razvoj mirrorless digitalnih aparata i kamera s izmjenjivim objektivom. X5 kamera ima 14 MP, 4K, omogućuje snimanje u rezoluciji 4096 × 2160 (sa 25fps) ili 1920 × 1080 (sa 60fps). Gimbal je 3-osni, a senzor ima dinamički raspon od 12.8 stopa.

X5R kamera slična je kameri X5, ali snima slike i video na unutarnji SSD disk (512 GB). Snima u 4K rezoluciji, u 24 -30 fps. Ono što ova kamera ima dodatno je mogućnost spremanja sirovog zapisa videa kao *cinema* DNG. Ova kamera ima 12 – bitni senzor, a također je MFT.

Zenmuse X3 kamera je standardnna kamera DJI Inspire 1 drona. Ima 20 mm leću (ekvivalent 35 mm formatu), otvor blende 2.8f , fokus na ∞ te FOV (*Filed Of View*) 94°. Ima 1/2.3” senzor, 12 MP, može snimati u 360 stupnjeva te omogućuje snimanje u rezoluciji 4096 × 2160 (sa 25fps) ili 1920 × 1080 (sa 60fps). Gimbal je također 3-osni, a kamera ima ultra širokokutnu leću od 9 elemenata. [10]

Zenmuse Z3 također ima 1/2.3” senzor, 12 MP, podržava snimanje u rezoluciji 4096 × 2160 (sa 25fps) ili 1920 × 1080 (sa 60fps), žarišnu daljinu leće koja je ekvivalent 22-77mm leći, 3.5 × optički zoom, 2x lossless digitalni zoom te pojačanu stabilnost.

Zenmuse XT je FLIR kamera za termalno snimanje, a koristi se najčešće za inspekcije i akcije spašavanja.

Slika 28. Sve kamere DJI Inspire 1 drona

DJI Inspire 2 (slika 29) dron je koji je došao nakon Inspire 1 modela. Ovaj je dron proglašen prvim filmskim, kamerom opremljenim, dronom u svijetu, koji integrira HD video prijenos, 360-rotacijski gimbal i 4-6K kamere uz jednostavnost upravljanja. Postoji nekoliko verzija, a o tome ovisi i kvaliteta kamere: Standard, Professional, Premium te Cinema Premium. Standard, Proffesional i Premium imaju integriranu kameru dok Premium Cinema ima kameru koja ima objektiv sa izmjenjivim lećama (slika 30). [10]

Slika 29. DJI Inspire 2 dron

DJI Inspire 2 Standard ima 1-inčni senzor i kompaktan dizajn sa Zenmuse X3S kamerom (slika 30) koja omogućava lako hvatanje prekrasnih ovim dronom. Također ima i CineCore 2.0 sistem procesuiranja slika. Ova kamera snima u 20 MP, 4K /60 fps H.264 te 4K/30 fps, ima leću 8.8 mm (ekvivalent 24 mm leći) sa otvorom blende od 2.8 do 11 te kut gledanja (FOV) od 84 stupnja. Maksimalna ISO vrijednost je 12.800, a u burst načinu može slikati i do 14 fotografija u 20MP u JPEG i RAW zapisu.

DJI Inspire 2 Professional koristi kameru X5S (slika 30) koja ima poboljšani M4/3 senzor koji slika fotografije u 20.8 MP i AppleRes video čak do 5.2K. U usporedbi s prethodnik DJI gimbal kamerama, X5S daje bolji omjer signala i šuma i dinamički raspon od 12.8 razina. Sa *Cendence* daljinskim upravljačem i izrazito svijetlim *CrystalSky* monitorom, Inspire Pro postavlja nove standarde u zračnoj fotografiji, pružajući tako više kreativnosti i mogućnosti.

Inspire 2 Premium koristi puni potencijal X5S kamere koja snima 5K u Cinema DNG i Apple ProRes formatu videa. Dva CINE SSD-a uključena uz ovaj dron omogućavaju dovoljno prostora za profesionalnu videografiju. Također, *Cendence* daljinski upravljač podržava dvojezgreni način, a *CrystalSky* monitor pomaže profesionalcima da vide svoje snimke jasno, čak i po najvećem suncu. Ovaj dron je idealan za profesionalnu filmsku industriju i postprodukciju.

Inspire 2 Cinema Premium je dron najviših standarda profesionalne filmske industrije. Za to se pobrinula Zenmuse X7 (slika 30) kamera koja koristi S35 senzor koji omogućava 6K CinemaDNG RAW zapis i širok dinamički raspon od čak 14 razina, a ima čak 24 MP. X7 također uvodi i DL-Mount čime postaje prvi integrirani zračni objektiv u svijetu koji omogućava izmjenu između četiri dostupne leće, brzo i jednostavno. Sa 480 GB CineSSD memorije, osam pametnih baterija za let za produženo vrijeme leta i snažnom kombinacijom *Cendence* i *CrystalSky* kontrolera, Inspire 2 Cinema Premium je savršen i idealan dron za vrlo profesionalnu fotografiju i filmografiju. [10]

Slika 30. Zenmuse X3S, Zenmuse X5S, Zenmuse X7 sa 4 izmjenjiva objektiva

2.3.6.2 Eksterna kamera

Dronovi koji nose eksterne kamere najčešće su nešto veći i imaju više od 4 propelera (slika 31). Hexacopteri i octocopteri imaju mogućnost da ukoliko dođe do kvara jednog od propelera, odnosno motora, dron preusmjeri snagu u ostale motore na način da dron i dalje može letjeti. U ovu kategoriju spadaju svi dronovi koji nemaju nikakav oblik integrirane ili ponuđene kamere, te je njihova svrha prijenos i let s postojećim fotografskim aparatom ili kamerom. DJI-ev Spreading Wings S1000 jedan je dron iz te kategorije. Njegov dizajn omogućava snažan pogon uz veliku efikasnost baterije. U kombinaciji sa DJI upravljačem leta kao što je A2, garantirano je da će ostati stabilan čak i sa gubitkom jednog motora. Neki elementi drona napravljeni su od karbonskih vlakna što osigurava malu težinu drona i visoku strukturalnu stabilnost. Ovaj dron također ima Zenmuse gimbal 3-osni koji osigurava da će eksterni fotografski uređaj biti stabilan. [4] Ovakvim eksternim kamerama, kao što se mogu vidjeti na slici, a tu spadaju Canon i Nikon fotoaparati, Sony kamere itd., može se upravljati putem aplikacije za mobitel, tablet ili računalo, ukoliko je dron u dovoljnoj blizini od operatera kamerom. Vožnjom drona upravlja drugi operater. U skorije vrijeme, s obzirom da se tehnologija dronova i pratećih kamera razvija nevjerojatnom brzinom, skoro više neće niti postojati potreba za eksternim kamerama pored dronova poput Inspire 2 Cinema Premium koji omogućava snimanje u 6K rezoluciji te ima 24 MP.

Slika 31. DJI Spread Wings S1000 dron s eksternim uređajima za snimanje i fotografiju

2.4 Formati digitalnog zapisa fotografije

Snimanjem digitalnim fotografskim aparatom se na senzoru fotografskog aparata formira slika koja se pohranjuje u digitalnom obliku na odgovarajuću memorijsku jedinicu („memorijske kartice“). Karakteristike digitalnog zapisa su, prvenstveno, određene samim senzorom, tj. njegovim karakteristikama. Jedna od osnovnih karakteristika senzora je dubina zapisa boja, što je dubina zapisa, izražena u bitovima (po kanalu) veća, veći je broj tonova i boja koji senzor može razlučiti. [13] Tako 10 bitni senzor razlučuje 210 tonova po plavom, zelenom i crvenom kanalu što ukupno čini 1073741824 tonova, 12 bitni 212 tonova po kanalu što ukupno čini 68719476736 tonova, 14 bitni 214 tonova po kanalu što ukupno čini 4398046511104 tonova. Kako bi se ovako formirana slika u potpunosti zapisala, digitalni fotografski aparati koriste tzv. sirovi (RAW) format. Iako sirovi zapis omogućuje zapis svih informacija koje nastaju eksponiranjem senzora digitalnog fotografskog aparata, u fotografskoj se praksi veći broj fotografija dobivenih snimanjem direktno pohranjuje u JPEG formatu. Prednost RAW formata je u tome što je “sirov” i što omogućava naknadnu i kvalitetniju korekciju većeg broja parametara kao i kvalitetniji krajnji rezultat od običnog JPEG formata. Još jedna važna prednost RAW formata je što nema kompresije, sve informacije zapisane na samom senzoru prilikom ekspozicije se nalaze u datoteci dok se kod JPEG-a kvaliteta smanjuje sa svakom idućom izmjenom.

2.4.1 JPEG

JPEG (eng. Joint Photographic Experts Group) format se najviše koristi u digitalnoj fotografiji i predstavlja standard za spremanja digitalnih datoteka (uglavnom slikovnih zapisa) s gubitkom prilikom kompresije (lossy compression). Razlog tome je dobra kompresija, koja omogućuje da se veličina slike smanji 10 do 20 puta bez vidljivog gubitka kvalitete. Gubitak kvalitete pri malim manipulacijama i kompresijama postaje tek uočljiv kada se uveća slika i usporedi s originalnom nekompresiranom (slika 32).

Slika 32. Uvećanje 1200%: gornja slika JPEG format, donja slika RAW format

Stupanj kompresije se može podešavat i direktno utječe na veličinu i kvalitetu datoteke. No, uvijek vrijedi, što je veća datoteka to je njen gubitak informacija (stupanj kompresije) manji. Maksimalna veličina datoteke koja se može spremiti ovim formatom je 65535×65535 piksela. Koristi 24 bita po pikselu tj. preko 16 milijuna nijansi boja. Ne podržava transparenciju niti animaciju. [14]

2.4.2 RAW

RAW (engl. sirov) se odnosi na tip datoteke koje prije pregledavanja treba dodatno konvertirati u neki od standardnih formata. Naziva se još i digitalnim negativom. RAW zapis sadrži sve informacije koje senzor prilikom ekspozicije snimi, bez kompresije ili smanjivanja. Daje mogućnost mijenjanja parametara fotografije od bijelog balansa boje, ekspozicije, kontrasta, korekcije oštrine, uklanjanje šuma itd. S obzirom na količinu informacija koje sprema, RAW zapis je znatno veći od JPEG formata (može doseći i nekoliko desetaka MB). [15]

Kako RAW nije zapravo format, tj. računalni standard, potrebno je provesti konverziju u računalu prepoznatljivom format. Najčešće se konvertira JPEG ili TIFF iako je uporaba ovog drugog znatno opala proteklih godina jer je njegov zapis neznatno manji od samog RAW zapisa, a i JPEG format se znatno unaprijedio što se tiče gubitka informacija i očuvanja kvalitete. Konverzija RAW formata se obavlja pomoću određenih programa namijenjenih za to. RAW ne predstavlja jedinstveni format, već skupinu različitih formata zapisa (tablica 4).

Tablica 4. Različiti formati RAW digitalnog zapisa fotografske slike

RAW ZAPIS	PROIZVOĐAČ FOTOGRAFSKOG APARATA
crw	Canon
nef	Nikon
mrw	Minolta
ptx	Pentax
raf	Fuji
orf	Oympus
dng	Adobe, Leica, Hasselblad

Najveći nedostatak RAW formata je njegova veličina i format koji zahtijeva za spremanje (tablica 5). Jedan RAW format zauzima i do 5 puta više prostora od JPEG formata. Kako je RAW dosta velik format, prilikom fotografiranja međuspremnik može postati preopterećen zaprimljenim informacijama ako se u slijedu snimaju RAW formati. Posljedica toga je da međuspremnik prestaje zaprimat informacije, tijek zapisa je prekinut i nekoliko okidanja preskače primanje informacija dok se pufer ponovo je isprazni. Također, značajan problem RAW zapisa je i nedostatak standardizacije. [12]

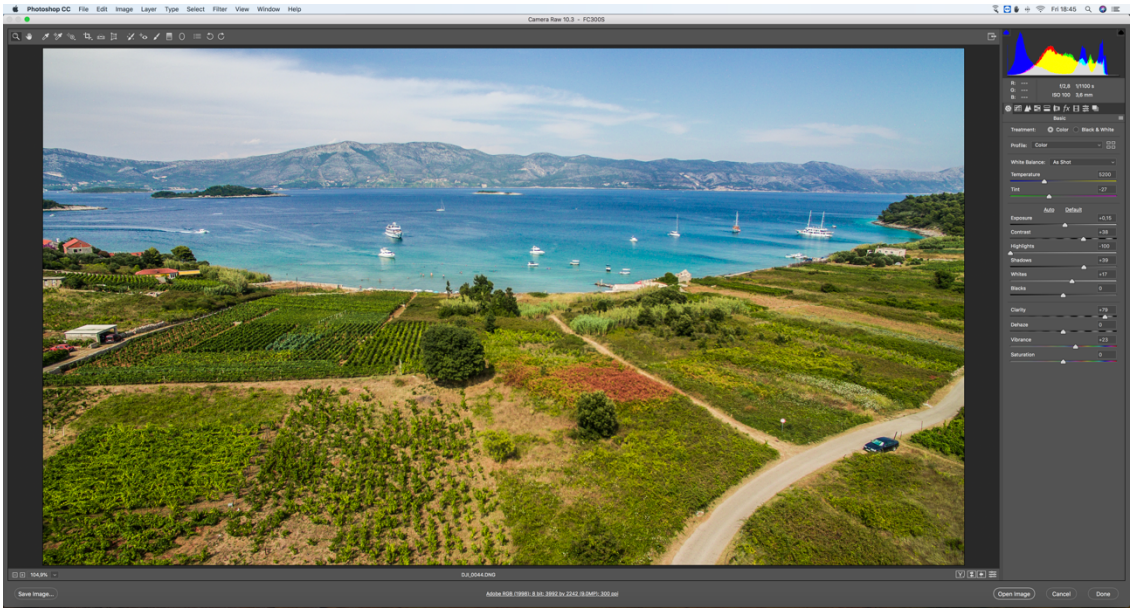
Tablica 4. Usporedba veličine JPEG I RAW zapisa fotografske slike

Format zapisa i stupanj kompresije	Rezolucija (MP)	Maksimalni format ispisa	Veličina datoteke (MB)	Maksimalni broj snimaka u kontinuitetu
JPEG F	12,7	Preko A3	4,6	101
JPEG N	12,7	Preko A3	2,3	196
JPEG F	6,7	A4-A3	2,7	168
JPEG N	6,7	A4-A3	1,4	319
JPEG F	4,2	A4	2,0	233
JPEG N	4,2	A4	1,0	446
RAW	12,7	Preko A3	12,9	29

2.4.2.1 DNG

Digital Negative (DNG) je patentirani, otvoreni sirovi format bez gubitaka kojeg je napisao Adobe, a koristi se za digitalnu fotografiju. Adobeova licenca dopušta upotrebu bez troškova pod uvjetom da vlasnik licence jasno prikazuje tekst koji kaže da je format licenciran od Adobe u izvoru i dokumentaciji, te da se licenca može opozvati ako vlasnik licence donese bilo kakvu patentnu tužbu protiv Adobe-a ili njegovih podružnica vezanih uz čitanje ili pisanje datoteka koje su u skladu s DNG specifikacijom. Pokrenut je 27. rujna 2004. Lansiranje je popraćeno prvom verzijom DNG specifikacije uz razne proizvode, uključujući i besplatni DNG konverter. Svi Adobe softveri za fotomanipulaciju (kao što su Adobe Photoshop i

Adobe Lightroom) objavljeni od izbacivanja ovog formata, podržavaju DNG. [16] Na slici 33 prikazano je otvaranje Adobe DNG sirovog formata u Adobe Camera Raw pluginu unutar Photoshopa. Naravno da bi se gornja slika, koja je neobrađeni JPEG zapis, mogla urediti na sličan način kao i DNG zapis u Camera Raw pluginu (boje, svjetlina, kontrasti, oštrina), ali s obzirom na kompresiju koja je već provedena na ovom formatu, krajnji ishod bi bio mnogo manje kvalitete. Na ovaj način, prilikom samog otvaranja RAW formata, biramo kako će se tonovi translatirati u 8-bitni zapis. Ovaj proces kasnije će biti spomenut i objašnjen kao tonsko mapiranje.



Slika 33. Neobrađen JPEG zapis i otvaranja DNG zapisa u Photoshop Camera Raw-u (autorske fotografije)

DNG se temelji na standardnom formatu TIFF / EP i zahtijeva značajnu upotrebu metapodataka. Korištenje formata je bez naknade; Adobe je objavio licencu koja je omogućila svakome da iskoristi DNG te je također izjavio da nema poznatih tereta intelektualnog vlasništva ili zahtjeva za licencom za DNG. Adobe je također izjavio da su, ako postoji konsenzus da DNG mora biti kontroliran od strane standardnog tijela, otvoreni za tu ideju. Adobe je poslao DNG u ISO za uključivanje u njihovu reviziju TIFF / EP.

2.5 Dinamički raspon scene i senzora

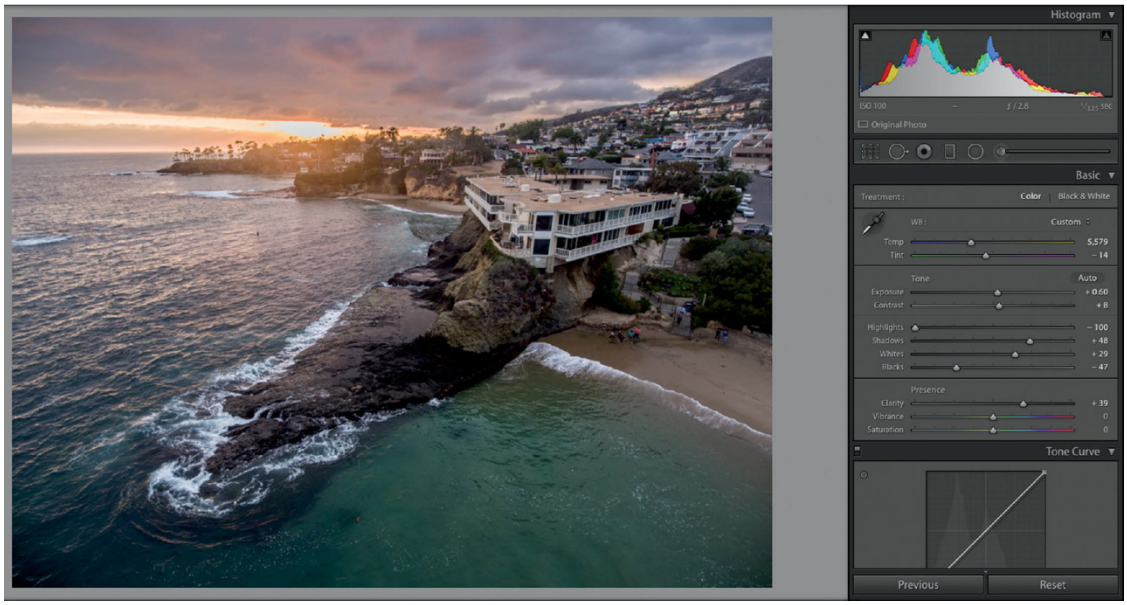
Dinamični raspon se odnosi na razliku osvjetljenja između najsvjetlijeg i najtamnijeg dijela fotografije, dakle široki dinamički opseg znači da je razlika osvjetljenja (luminancije) velika. Luminancija se mjeri u kandelima po metru kvadratnom, cd/m^2. Prosječna fotografija snimana za vrijeme dnevnog svjetla ima dinamički raspon od 100 000:1 što znači da je najsvjetliji dio fotografije 100000 puta svjetliji od najtamnije sjene. Naravno nisu sve scene iste te ovise o količini svjetla, refleksijama, nebu, količini oblaka i sl. [17]

Dinamički raspon senzora najveća je limitacija u fotografiji. On označava količinu vidljivog spektra koja može biti uhvaćena na senzoru odjednom. Kod digitalnih fotografskih aparata, odnosno kod senzora, dinamički raspon predstavlja omjer između najvećeg signala koji senzor, odnosno piksel na senzoru može generirati, i omjer između najmanjeg signala kojeg može generirati. Veličina piksela ima veliku ulogu u ukupnom dinamičkom rasponu koji senzor može prepoznati. Što je piksel veći, može primiti više fotona svjetlosti i to omogućuje bilježenje većeg dinamičkog raspona budući da više fotona može stati u piksel prije nego što se on napuni.

Dinamički raspon scene kod fotografije dronom posebice je velik. S obzirom da dronovi mogu fotografirati sa velikih visina i udaljenosti, vrlo je lako moguće da će se na istoj fotografiji naći djelom oblačno, a dijelom sunčano područje, sa sjenama i preeksponiranim područjima, dijelom bisto, a dijelom maglovito.

Kada se snima scena visokog kontrasta poput zalaska sunca, dinamički raspon postaje problem. Ako želimo uhvatiti okolinu i detalje u blizini, morat ćemo slikati s većom ekspozicijom, a tada se gube informacije o nebu. Na slici 34 može se vidjeti spomenuti problem, senzor nije bio u mogućnosti uhvatiti dovoljno informacija o nebu kako bi bilo vidljivih detalja, a ovaj problem rješava se tehnikom tonskog mapiranja, odnosno izradom HDR fotografjie. [10] Slika 35 prikazuje finalni rezultat spajanja dviju različito eksponiranih fotografija iste scene, uz određene dorade u Lightroomu.

Slika 34. Scena širokog dinamičkog raspona



Slika 35. Finalni rezultat tonskog mapiranja i spajanja 2 različito eksponirane fotografije iste scene

2.6 HDR fotografija

Fotografija koja sadrži sve tonove koji su bili prisutni u snimanoj sceni naziva se HDR (High Dynamic Range) fotografijom. HDR zapis mora imati mogućnost praktički neograničenog zapisa tonova (i boja). Takva fotografija, iako tehnički ostvaruje maksimalnu ikoničnost, doživljajno djeluje nadrealno što se često, kao jednu od osnovnih karakteristika, pripisuje HDR fotografiji.

Osnovna ideja stvaranja HDR fotografije u digitalnom fotografskom sustavu je snimanje iste scene različitim ekspozicijama te spajanje različito eksponiranih digitalnih zapisa fotografske slike u jedan koji sadrži prikaz ukupnog raspona tonova scene. Temelj tome su postavili Gregory Ward 1985. godine definiranjem Radiance RGBE te Steve Mann i Rosalind Picard 1995. godine definiranjem Global HDR zapisa. Time je stvorena mogućnost stvaranja 32 bitnog zapisa s plutajućom referentnom točkom u kojem su pohranjene sve informacije svih zapisa (korektno eksponiranog, podeksponiranih i preeksponiranih). Međutim takav zapis nije reproducibilan izlaznim fotografskim jedinicama te ga je potrebno transformirati u, u pravilu, 8 bitni zapis. Temeljno rješenje toga je postavio Paul Debove 1997. godine od kada je moguće softversko spajanje različito eksponiranih digitalnih zapisa iste scene uz tonsko mapiranje. Tonskim mapiranjem se pri tome definira koji će tonovi (boje) biti prikazani u užem dinamičkom rasponu što znači da u 8 bitnom zapisu mogu biti prikazani i pojedini tonovi podeksponiranih i preeksponiranih zapisa (detalji u sjenama i izrazito svijetlim područjima) uz gubitak određenih tonova zapisanih u zapisu dobivenom korektnom ekspozicijom. [13]

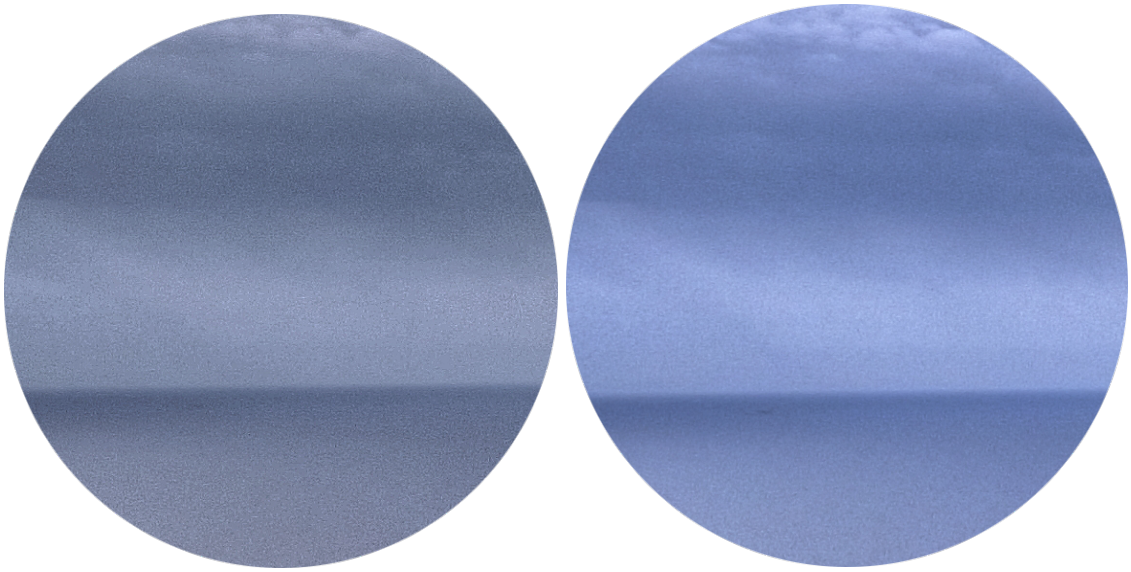
Ako se ista scena snimi preeksponirano, snimanjem će se zabilježiti tonovi tamnih dijelova scene, uz gubljenje tonova u ostalim područjima, a ako se snimi podeksponirano, zabilježit će se tonovi svijetlih dijelova scene uz gubitak tonova u ostalim područjima. Stapanjem digitalnih zapisa ovih fotografija u jedan, dobiva se zapis slike s razlučivanjem tonova u tamnim, srednjim i svijetlim tonovima. HDR fotografija je širok pojam koji obuhvaća različite tehnike snimanja i

realizacije pa se tako mogu razlikovati prava, lažna i pseudo HDR fotografija. Pravom HDR fotografijom naziva se stapanje više JPEG ili RAW zapisa u jedan (slika 36). Lažni HDR se dobiva iz jednog JPEG zapisa dok se pseudo HDR dobiva tonskim mapiranjem jednog RAW zapisa. Najmanje kvalitete i najlošijih rezultata biti će izrada HDR fotografije iz jednog JPEG zapisa (lažni HDR) s obzirom da on sadrži manje informacija o snimanoj sceni nego jedan RAW zapis.

Slika 36. Usporedba originala, pravog, pseudo i lažnog HDR-a (autorske fotografije)

HDR fotografija bitna je za fotografiju dronom , kao što je ranije spomenuto, zbog činjenice da dron obuhvaća scenu izrazito širokog dinamičkog raspona što skoro uvijek rezultira gubitkom informacija sa pojedinih djelova slike. HDR tehnikom moguće je dobiti sve informacije o slikanoj sceni, bilo riječ o djelomičnom tonskom mapiranju ili mapiranju cijele fotografije. Kao što se može vidjeti na fotografiji, prilikom ovako malih formata nema znatnih razlika između pravog HDR-a koji je u ovom slučaju nastao tonskim mapiranjem 3 različito eksponirane fotografije iste scene i pseudo HDR-a koji je nastao tonskim mapiranjem jednog RAW zapisa. Prilikom većih formata ili uvećanja jasan je mali gubitak detalja i pojačan šum na pseudo HDR fotografiji u usporedbi s pravim HDR-om. Vidljivo

je i kako tonsko mapiranje jednog JPEG zapisa daje slabije rezultate (gubitak je jasan u području neba). Također šum je mnogo naglašeniji (slika 37).



Slika 37. Razlika šuma na lažnom i pravom HDR-u

2.6.1 Tonsko mapiranje

Tonsko mapiranje je tehnika koja se koristi pri procesuiranju fotografija i u računalnoj grafici kako bi se jedan set boja mapirao (translatirao, uspješno prenio) u drugi, čime se želi aproksimirati prikaz HDR fotografija u mediju s više ograničenim dinamičkim rasponom, njegovom stvarnom izgledu odnosno doživljaju. Mediji poput računalnih monitora i otisaka imaju dinamički raspon koji je neadekvatan za pravilnu reprodukciju punog spektra svjetlosnih intenziteta prisutnih u 'stvarnim scenama'. Tonskim mapiranjem mogu se ublažiti problemi snažne redukcije kontrasta u određenim dijelovima reproducirane scene pri prikazu slike u određenom mediju, ali i istodobno očuvati što više detalja i raspona među tonovima važnih za originalan sadržaj fotografije i njen 'konačni' doživljaj. [11] Za tonsko mapiranje može se koristiti cijeli niz softvera poput Adobe Photoshopa i Lightroma, softvera proizvođača digitalne kamere te softvera namijenjenih tonskom mapiranju i izradi HDR-a. Tonsko mapiranje RAW zapisa

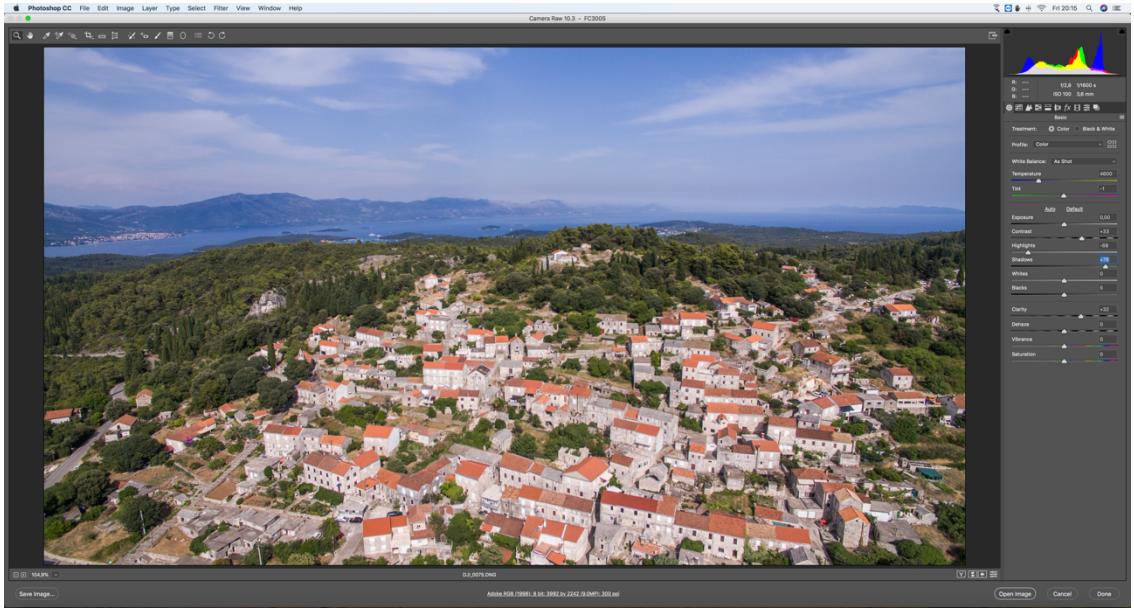
u softverima za izradu HDR-a razlikuje se od tonskog mapiranja u spomenutim programima po tome što osim uspješnog mapiranja tonova on i naglašavaju detalje, pojačavaju boje, teksture i strukture do razine “nadrealnosti” koja nas vodi HDR fotografiji. Razni softveri se danas koriste u te svrhe i svakodnevno se sve više razvijaju. Neki od najpoznatijih su : Photomatix Pro, Easy HDR, Aurora HDR Pro, HDR Darkroom, Dynamic-Photo HDR, Luminance, FDRTools…Za potrebe ovog rada korištena je softver Photomatix Pro te Adobe Photoshop.

2.6.1.1 Adobe Photoshop i Adobe Camera Raw

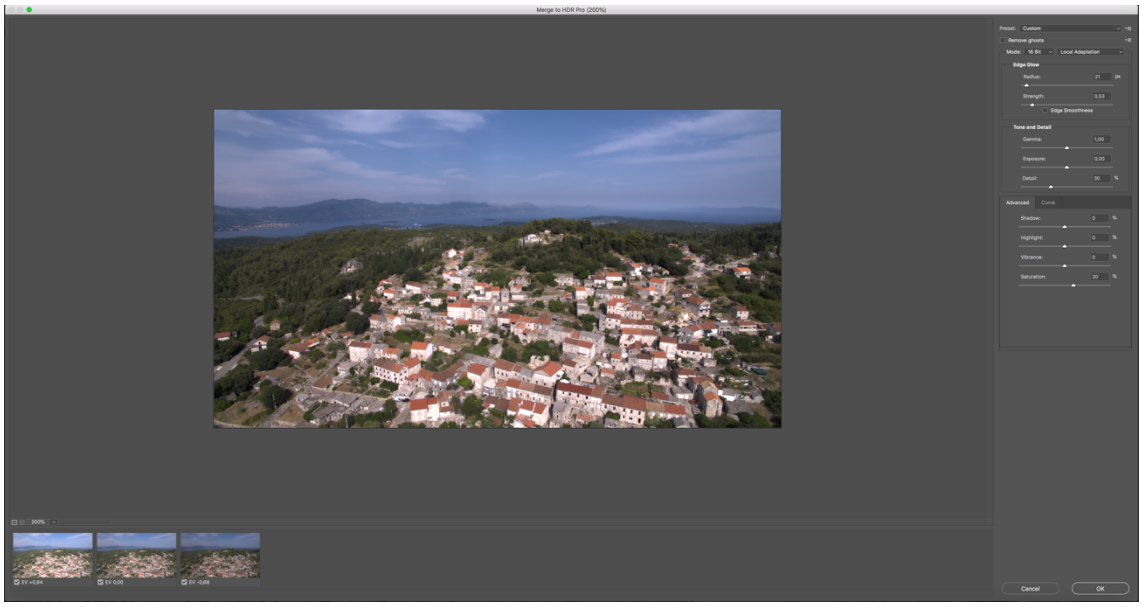
Adobe Photoshop, ili skraćeno Photoshop, je grafički računalni program, razvijen i izdan od strane američke tvrtke Adobe Systems. Ovo je najpoznatiji računalni program za obradu slike. Prva inačica ovog programa Photoshop 1.0 nastala je 1990. godine, a posljednja inačica ovog programa, Photoshop CC, je četrnaesta generacija istog proizvoda. Od izdavanja CS2 verzije 2005. godine, u programu dolazi uključen i Adobe Camera Raw dodatak (plug in) kojim se mogu otvarati i obrađivati RAW datoteke. Uvođenje ovog dodatka značilo je preskakanje cijelog koraka u procesu prevođenja slike iz zapisa u uređaju do konačne, obrađene fotografije. Prije se fotografiju moralo u drugom programu konvertirati u JPEG ili TIFF format, onda tek otvoriti u Photoshopu i započeti finalnu obradu. Photoshop omogućuje predobradu jednog RAW zapisa fotografije, odnosno mapiranje tonova RAW zapisa u reproducibilni zapis (slika 36), ali također i spajanje dvije ili više fotografija RAW ili JPEG zapisa u jedan HDR zapis fotografije (HDR merge) kao što je prikazano na slici 39. Photoshop također nudi opciju uklanjanja „ghostinga“. Iako je moguće dobiti kvalitetne rezultate, Photoshop ne nudi veliku mogućnost dobivanja nadrealističnih rezultata kod gotovih HDR fotografija. [18]

Za predobradu slike unutar Photoshopa prvo se otvara u Adobe Camera raw pluginu gdje je moguće manipulirati (pojačavati, smanjivati) sljedećim parametrima (slika 38): ekspozicija (exposure), kontrast (contrast), svjetliji tonovi (highlights), sjene (shadows), bijeli dijelovi slike (white), crni djelovi slike (black), jasnoća (clarity), živost boje (vibrance) i zasićenost boje (saturation). Osim ovim

osnovnih parametara moguće je manipulirati i bojama, rotirati sliku, ispravljati nagib i cijeli niz ostalih dorada. Kada je slika procesuirana i željeni rezultati dobiveni, fotografiju možemo otvoriti u Photoshopu za daljnju obradu i dorađivanje.



Slika 38 : Mapiranje tonova unutar Photoshop CC Camera Raw-a 10.3

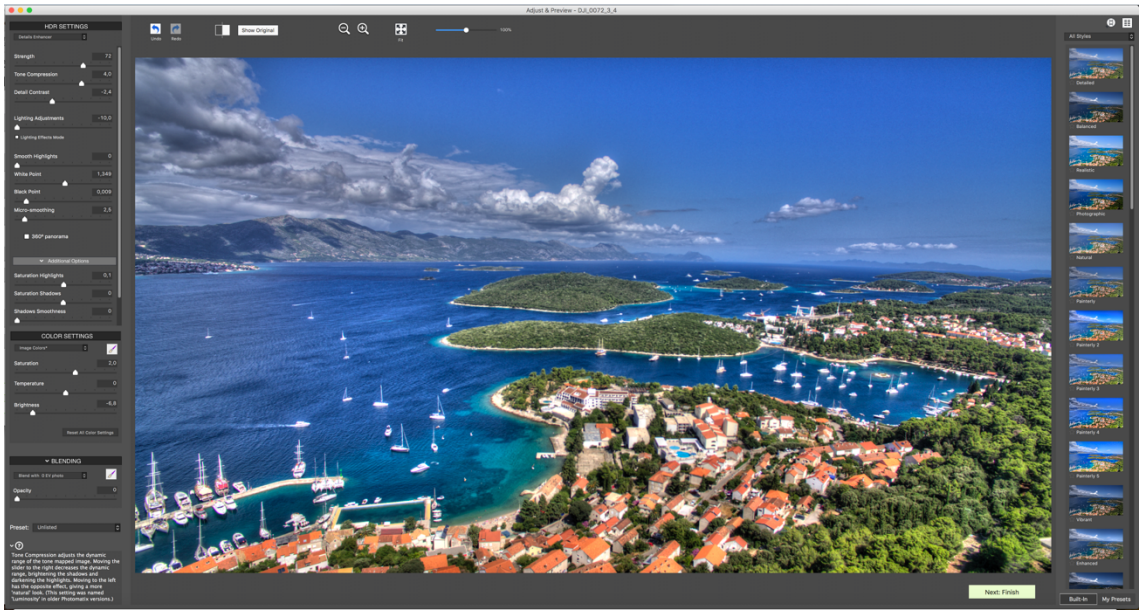


Slika 39 : "Merge to HDR" Pro unutar Photoshop CC 2018

Photoshopom se mogu i uklanjati greške sa fotografija tonski mapiranih u drugim softverima za izradu HDR-a i tonsko mapiranje, poput Photomatixa Pro. To može uključivati radnje kao što su izrade maski, preklapanja s originalnom fotografijom, brisanje šuma i ostale naknadne dorade potrebne kako bi dobili željeni izgled.

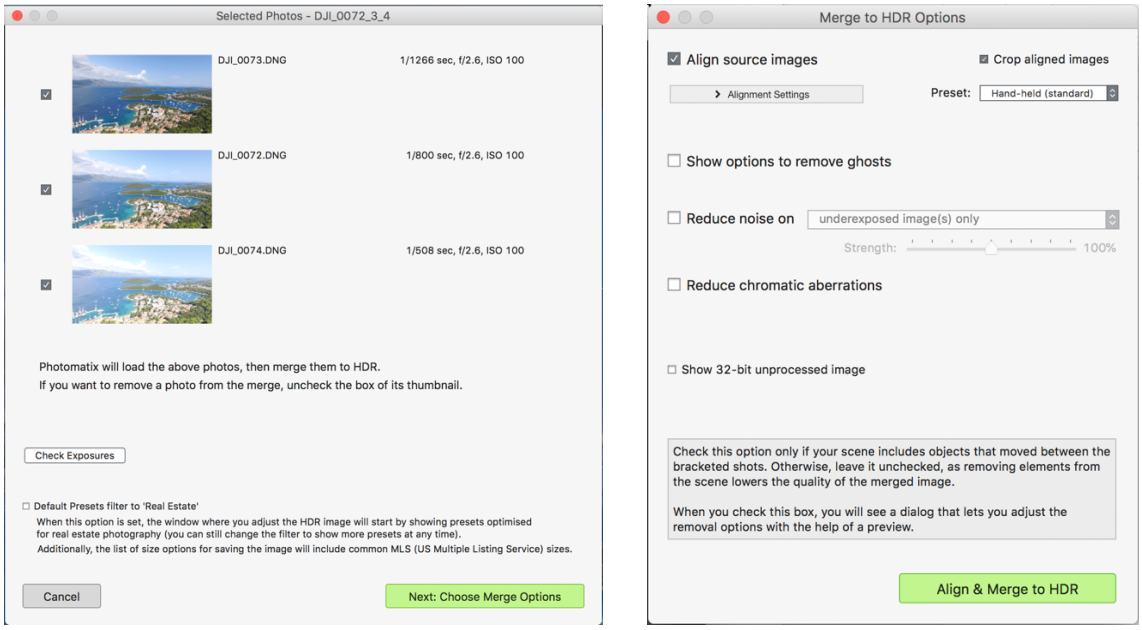
2.6.1.2 Photomatix Pro

Photomatix Pro je program koji je napravila tvrtka HDR Soft i jedan je od najčešće korištenih programa zbog dosljednosti konačnih rezultata. Radni slijed dobivanja HDR-a je vrlo jednostavan i program sadrži sve potrebne opcije za dobivanje željenih rezultata za izradu HDR fotografije s jednom ili više slika. Dobivene HDR fotografije su uglavnom živih boja s kvalitetnim srednjim tonovima. Operateri koji se koriste za mapiranje tonova su Details Enhancer koji se koristi za naglašavanje detalja za fotografije nadrealističnog izgleda. Contrast Optimizer koji služi za dobivanje realističnog izgleda fotografije te Tone Compressor. [18] Tonsko mapiranje je moguće korištenjem različitih gotovih standardnih postavki unutar programa ili ručnom manipulacijom različitih parametara koji se mogu podešavati (slika 40).



Slika 40. Tonsko mapiranje u programu Photomatix Pro

Slika se može prvo obraditi ručnim podešavanjem parametara a onda provući kroz različite gotove HDR postavke ili se mogu podešavati parametri za svaku gotovu postavku unutar te postavke (slika 40). Pri samom unošenju 3 različito eksponirane RAW slike u Photomatix, nudi se nekoliko opcija te mogućnost uklanjanja “ghostinga”, pojma koji će više bit spomenut u praktičnom dijelu rada. Također moguće je ukloniti šum i prije tonskog mapiranja, reducirati kromatske aberacije i slično (slika 41).



Slika 41. “Merge to HDR” opcije u Photomatix Pro programu

2.6.2 Pseudo HDR

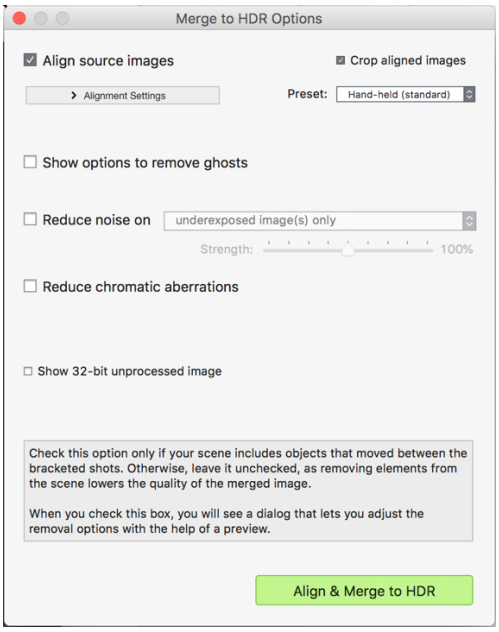
RAW slikovne datoteke se ponekad nazivaju digitalnim negativima zbog određenih sličnosti s filmskim negativom u klasičnoj fotografiji (negativ također nije kao slika direktno upotrebljiv, ali sadrži svu potrebnu informaciju za stvaranje slike). Poput fotografskog negativa, RAW digitalni zapis obično sadrži veći dinamički raspon (veći gamut) od eventualnog završnog formata slike. Proces konvertiranja RAW datoteke u format koji omogućava normalan pregled na računalu se stoga ponekad naziva razvijanjem RAW (osnovne, 'sirove') slike. [15] Sama činjenica da on može sadržati i više od 14 bita po RGB kanalu govori da je pomoću njega moguće izvući svijetle i tamne detalje koji bi bili izgubljeni i koji

jesu izgubljeni ako se slika spremi u 8 bita/kanalu. Prednosti rada s jednom ekspozicijom su smanjeno vrijeme procesiranja u programu, korištenje manje memorije računala, pojednostavljeni radni tok mapiranja tonova i rad s fotografijama bez *ghost* efekata. Situacija često ne omogućuje snimanje više različito eksponiranih fotografija, pogotovo kod objekata koji su u pokretu, ulica, događanja ili ako fotograf nema stativ ili mjesto na koje bi mirno mogao odložiti aparat. Jedan od takvih primjera je snimanje dronom (slika 42).

Slika 42. Snimanje jednog RAW zapisa zbog dinamične scene (autorske fotografije)

2.6.2.1 Specifičnost pseudo HDR fotografije za fotografiju dronom

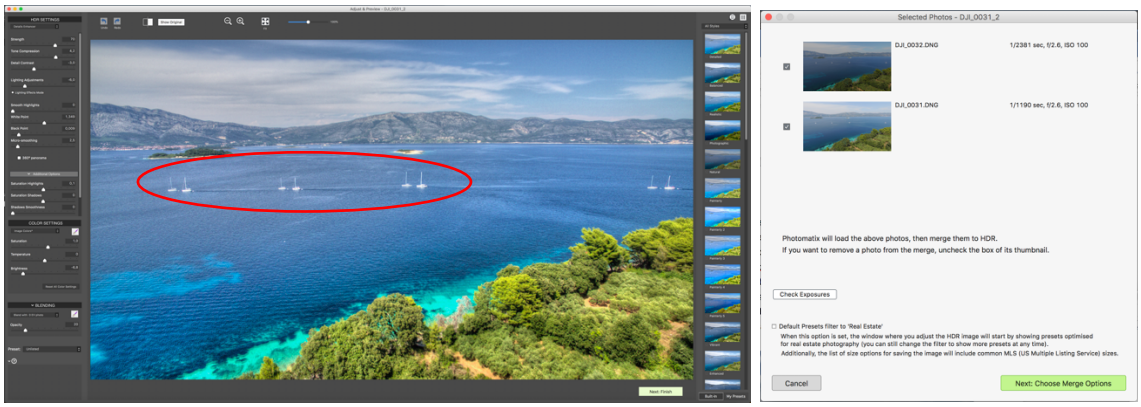
Iako u DJI dronovima danas postoje mogućnosti za snimanje nekoliko ekspozicija zaredom (*AEB – Auto Exposure Bracketing opcija*) pa čak i HDR opcija unutar samog drona, ponekada može doći do problema. U većini slučajeva, moguće je snimiti 3 ekspozicije koristeći AEB opciju u dronu i finalni rezultati stapanja tri fotografije u jednu dati će dobre rezultate, pogotovo uz upotrebu *remove ghosts* opcije. Ova opcija nudi odabir jedne fotografije na kojoj će se bazirati sadržaj fotografije te „briše“ sve što se nalazi na ostalima, odnosno sve elemente koji nisu na odabranoj fotografiji. Ovo je odličan izbor kod ulijetanja ptica u kadar, pomaka auta, ljudi, brodova, aviona i slično. No ova opcija isto tako utječe i na kvalitetu finalne slike, a neki programi poput Photomatixa će i upozoriti na to prilikom odabira ove opcije. Prilikom pritiska na tu opciju, Photomatix javlja kako uklanjanje elemenata iz scene utječe na kvalitetu finalne slike. (slika 43).



Slika 43. “Remove ghosts opcija”

Naravno da će rezultati tonskog mapiranja biti najbolji ukoliko postoji mogućnost snimanja 3 ekspozicije iste scene, bez prevelikih pomaka. Današnji dronovi imaju i vrlo dobru stabilizaciju te brze okidače koji ne zahtijevaju puno vremena i čekanja za snimanje nekoliko ekspozicija. No, s obzirom da je za, recimo, potrebe

ovog rada, bilo potrebno koristiti JPEG + RAW opciju radi kasnije usporedbe ova dva formata, dron bi prilikom svakog AEB snimanja trebao u vrlo kratkom trenutku snimiti i spremiti 3 RAW i 3 JPEG zapisa, što je proces koji zna usporiti i zablokirati kameru drona. Zbog toga dolazi do toga da dron preskoči neku sliku za koju je pritisnut okidač, ili fotografira svaku drugu, malo se pomakne uslijed vjetra, ali dovoljno da se na fotografiji to čini kao velik pomak. Pomak se ne mora dogoditi uvijek, štoviše, događa se vrlo rijetko, no ovakvo procesuiranje koje ograničava brzinu fotografiranja u zraku, čime se automatski troši i više baterije, prilikom spremanja 3 RAW i 3 JPEG formata, prisutno je često. Na slici 44 može se vidjeti primjer pomaka. Opcija *remove ghosts* uklonila je preklapanja na planinama, otocima i kopnu, no na duplim jedrilicama jasno je da je došlo do pomaka jer se dron zablokirao u procesu spremanja i obrađivanja velike količine podataka. Kao što se može vidjeti na desnoj strani slike 44, dron se zablokirao pa nije niti bio u mogućnosti fotografirati treću (preeksponiranu) fotografiju.



Slika 44. Pomak prilikom snimanja dronom uslijed problema nastalog pri procesuiranju

Upravo iz svih ovih razloga, upotreba pseudo HDR fotografije idealna je za fotografiju dronom. Senzori kamera današnjih dronova dovoljno su jaki da podržava snimanje u sirovom formatu i kasnije dobivanje dobrih rezultata. Finalni rezultati vrlo lako mogu konkurirati pravom HDR-u, a proces je mnogo brži i jednostavniji. Ukupno je potrebno manje memorije za spremanje podataka, manje vremena prilikom fotografiranja, ali i manje vremena za postprodukciju, odnosno kasniju obradu. Manje greške, šumovi, i gubitci mogu se lako popraviti kasnije u Photoshopu, što će biti prikazano u praktičnom dijelu ovoga rada.

2.7 Praktični savjeti za let i snimanje DJI dronovima

Kao što je ranije spomenuto, snimanje sirovih datoteka od presudne je važnosti ako se želi zadržati što je moguće više informacija o slikama kako bi se omogućilo više slobode i kontrole prilikom uređivanja, nevezano uz dnevnu ili noćnu fotografiju. No postoji niz drugih postavki i faktora koji utječu na kvalitetu leta i snimanja dronom. Dobro je poznavati dron kojim se leti, njegove postavke i funkcije te njegove nedostatke, ali isto tako i karakteristike i limitacije njegove integrirane kamere, kako bismo mogli dobiti najviše što nam ona omogućuje.

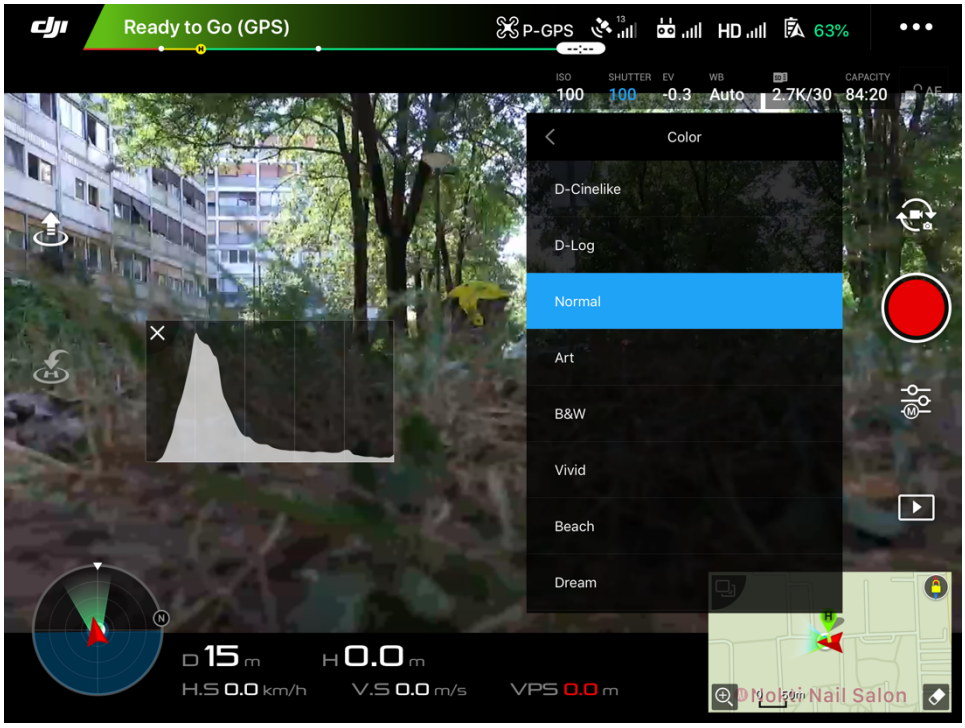
2.7.1 Dnevna fotografija

Ako je moguće, poželjno je uvijek koristiti AEB opciju, tri do pet različito eksponiranih fotografija mogu uhvatiti cijeli dinamički raspon scene (u osnovi sve informacije od mraka do svijetla). Za većinu situacija može se koristiti auto opcija, osim ako se fotografira direktno u sunce, što nije preporučljivo jer senzori većine dronova nisu u mogućnosti to zabilježiti i konačni rezultat će biti velika svjetla mrlja na slikama. Izlika su izlasci i zalasci sunca. (slika 45).

Slika 45. Fotografija dronom pri zalasku sunca, spojeno više ekspozicija

Poželjno je ostaviti histogram upaljen prilikom leta, kako bi se osiguralo da se bracketing počinje sa prave točke. Ako sveukupna scena izgleda previše mračno ili svijetlo, auto bracketing treba započeti od -1 ili +1 kako bi se osiguralo da je bazna fotografija ispravna. Što se tiče bijelog balansa, njega je isto poželjno ostaviti na auto. Na taj se način korisnik osigura da ga neće morati mijenjati ručno prilikom leta, s obzirom da dron pokriva scenu različitih uvjeta osvjetljenja što bi utjecalo i na bijeli balans. Ukoliko se fotografira u RAW formatu, ovaj parametar se lako može kasnije izmijeniti u Photoshopu ili Lightroomu (ali samo za dnevnu fotografiju). Što se tiče DJI Phantoma, Phantom 4 Pro ima fiksni otvor blende od 2.8 f, a najoštriji otvor blende za njega je 5.6 f (uz upaljenu opciju *peak focusing).*

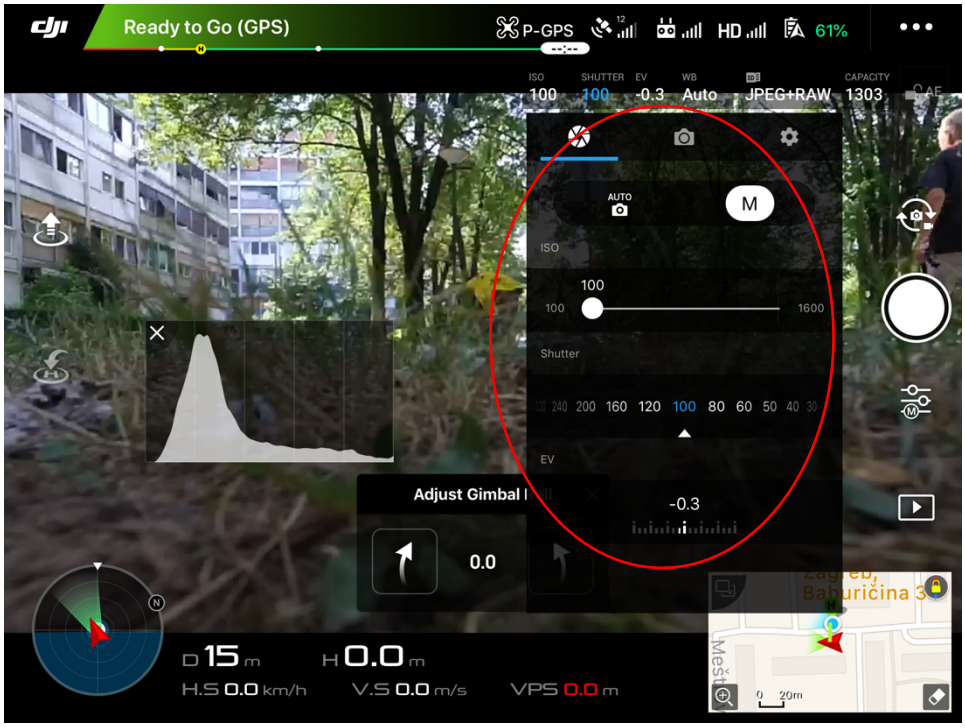
Jedna od čestih grešaka je ostavljanje postavki za boju u D-logu, što je postavka za snimanje videa, ali je loša za fotografiju. Iako ne utječe zapravo na RAW datoteku, utječe na prikaz na zaslonu i daje vrlo flat sliku. Tada može postati vrlo teško jasno vidjeti ono što se pokušava uslikati. Zato u postavkama treba namjestiti na *normal* (slika 46) opciju što daje mnogo bolju indikaciju, na zaslonu, onoga što će biti finalni izgled slike.



Slika 46. odabir prikaza prostora boja na zaslonu u aplikaciji DJI GO

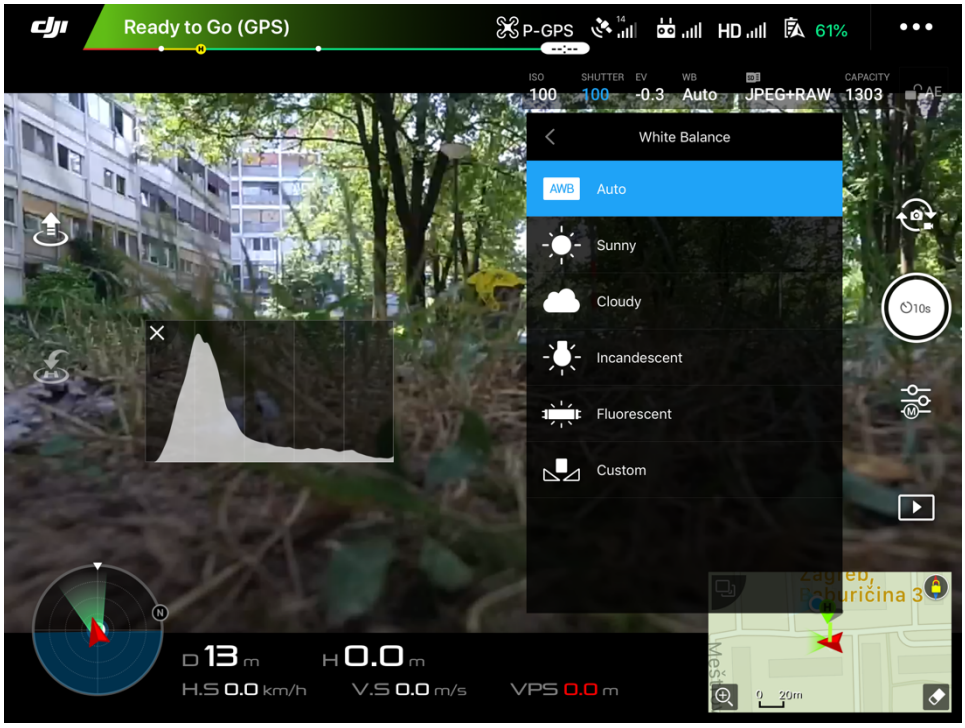
2.7.2 Večernja, jutarnja i fotografija slabijeg osvjetljenja

Što se tiče DJI dronova, kada se koristi opcija automatskog snimanja više ekspozicija, a brzina okidača počne sa 1/100 ili 1/60 sekunde (slika 47), više se neće povećavati brzina dalje nego će se umjesto toga povećati ISO bez da smo toga svjesni. To je problem do trenutka kada treba izraditi HDR fotografiju jer postupak tonskog mapiranja naglašava šum prisutan na slici. Naravno, što je veća ISO vrijednost upotrebljena za fotografiranje, to će biti prisutno više šuma. Potrebno je znati donijeti odabir, a taj odabir se svodi na to koliko je vjetrovito. Ako je vjetrovito, poželjno je imati što manje vremena između AEB snimaka koje će se fotografirati jer će se dron pomaknuti nekoliko centimetara između svakog snimka, čineći težim kasnije spajanje u obradi. Zato, u takvim vjetrovitim situacijama (čak i manji vjetar će ga pomaknuti) poželjno je koristiti automatsko snimanje više ekspozicija (AEB) kako bi se slike brže uhvatile, umjesto ručnog namještanja ekspozicije i okidanja. No, kada se slika protiv sunca, dobro je početi od -1 kako bi se zaštitili svijetli tonovi i zadržao cijeli dinamički raspon neba. Na slici 47 prikazana je opcija za kontrolu ekspozicije, ISO i okidača.



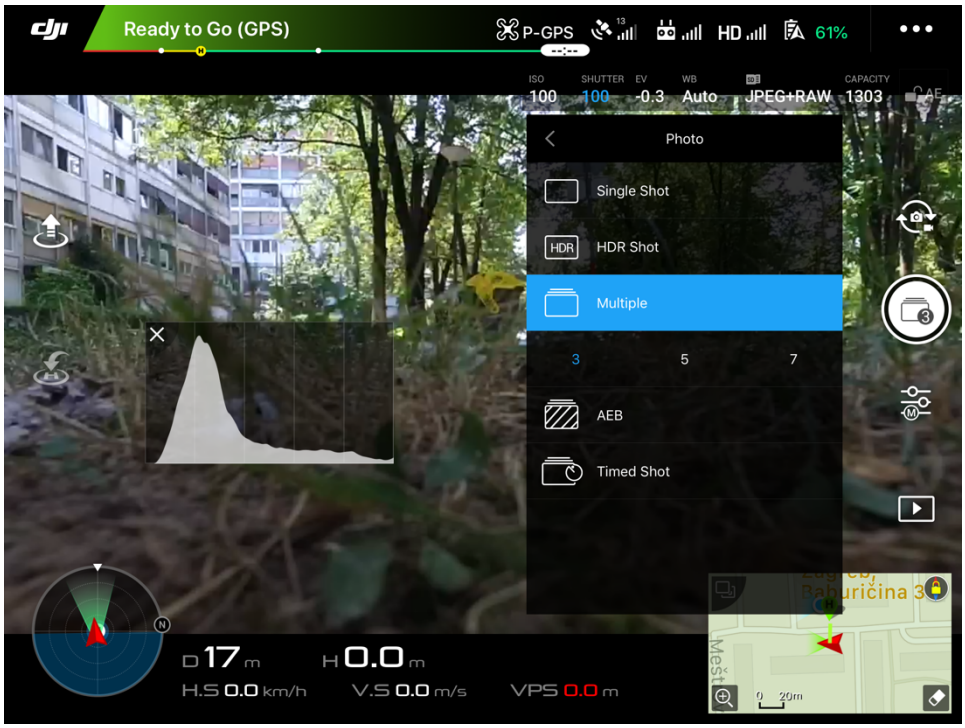
Slika 47. Manualni odabir parametara poput ekspozicije, okidača te ISO vrijednosti

Ako nije vjetrovito, poželjno je koristiti manualni način. Ovdje je moguće manualno eksponirati koristeći histogram koji se vidi i na slici 48, od tamnog do svijetlog, uz pokušaj da se zadrži cijela sekvenca do pet slika. Na taj način je moguće biti sto posto siguran da je uhvaćen cijeli dinamički raspon scene i potpuno izbjeći gubitak informacija u dijelovima poput neba ili sjena. Većina DJI dronova mogu podržati jednu do dvije sekunde dugu ekspoziciju poprilično jednostavno, bez vjetra. Neki imaju uspjeha i s dužim ekspozicijama, ali poželjno je ne ići preko dvije sekunde. Naravno, ima situacija kada je, da bi se to omogućilo, potrebno namjestiti ISO na 200 ili 40, čak i 800, ali rezultat je dosta zrnata slika. Ali dobar dio toga može se ispraviti u post-produkciji i obradi, što će biti prikazano u praktičnom dijelu rada. Bolje je koristiti veće ISO postavke pa kasnije ispravljati nastali šum jer je gotovo nemoguće povratiti izgubljene sjene sa pod-eksponiranih noćnih fotografija. Za „plavi sat“ odnosno razdoblje sumraka, jutra ili navečer kada je sunce jako nisko na horizontu i nebo poprimi intenzivnu plavu boju, preporuča se mijenjanje bijelog balansa ručno jer će kamera u dronu vrlo često ovo napraviti krivo. Na slici 48 prikazan je izbornik za mijenjanje bijelog balansa u DJI GO aplikaciji.



Slika 48. Manualni odabir parametara poput ekspozicije, okidača te ISO vrijednosti

Kako bi se maksimalno povećale šanse da se dobije oštra slika u takvim uvjetima sporog okidača, jedan od trikova je da se koristi „multiple“ opcija koja omogućuje fotografiranje nekoliko fotografija za redom (slika 49). Tri do pet fotografija daje šansu da će kamera, koja ih uslika velikom brzinom jedne za drugom, jednu od njih slikati u velikoj oštrini. DJI Mavic i Phantom 4, imaju „tripod“ opciju koja može pomoći pri dužim ekspozicijama. [19]

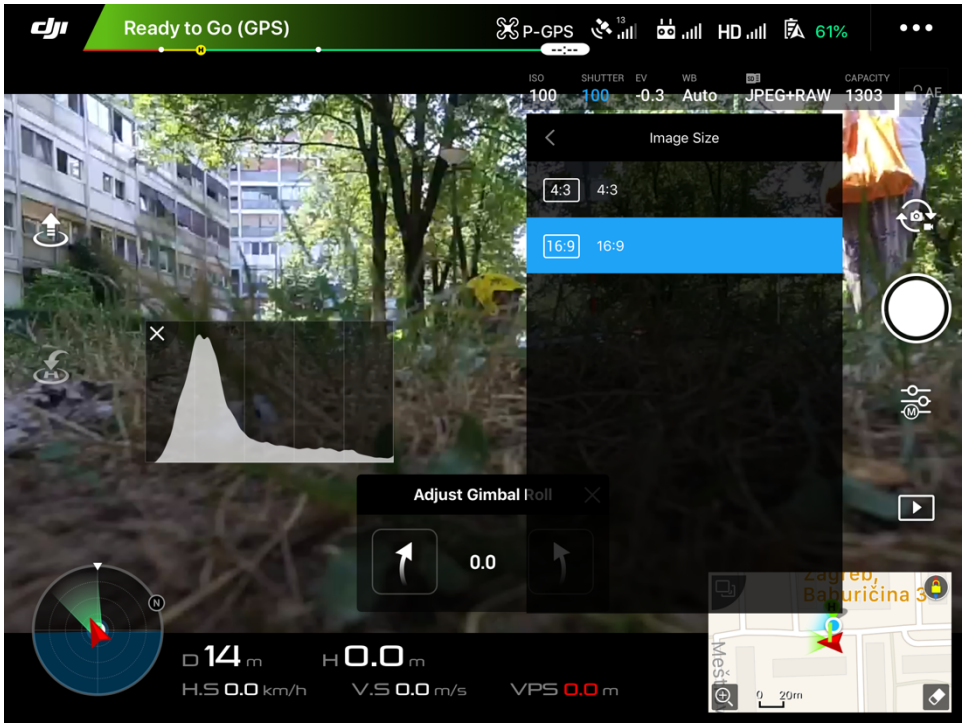


Slika 49. Opcija “multiple” u DJI GO aplikaciji

2.7.3 Format

Kao što je ranije spomenuto, snimanje sirovih datoteka od presudne je važnosti ako se želi zadržati što je moguće više informacija o slikama kako bi se omogućilo više slobode i kontrole prilikom uređivanja. No što se tiče formata, odnosno omjera, često pitanje je 16:9 ili 4:3 (slika 50). Najčešće korišten format u fotografiji je 3:2 no s obzirom da je kamera drona primarno namijenjen za snimanje videa, koriste se formati koji su učestali u video produkciji. Nema velikog plusa ili minusa za korištenje jednog ili drugog formata, jednostavno ovisi o preferencama

korisnika ili namjeni za koju se fotografira. Moguće je koristiti i oba formata, što naravno uzima više vremena jer je potrebno mijenjati postavke u samom letu.



Slika 50. Odabir formata slike u DJI GO aplikaciji

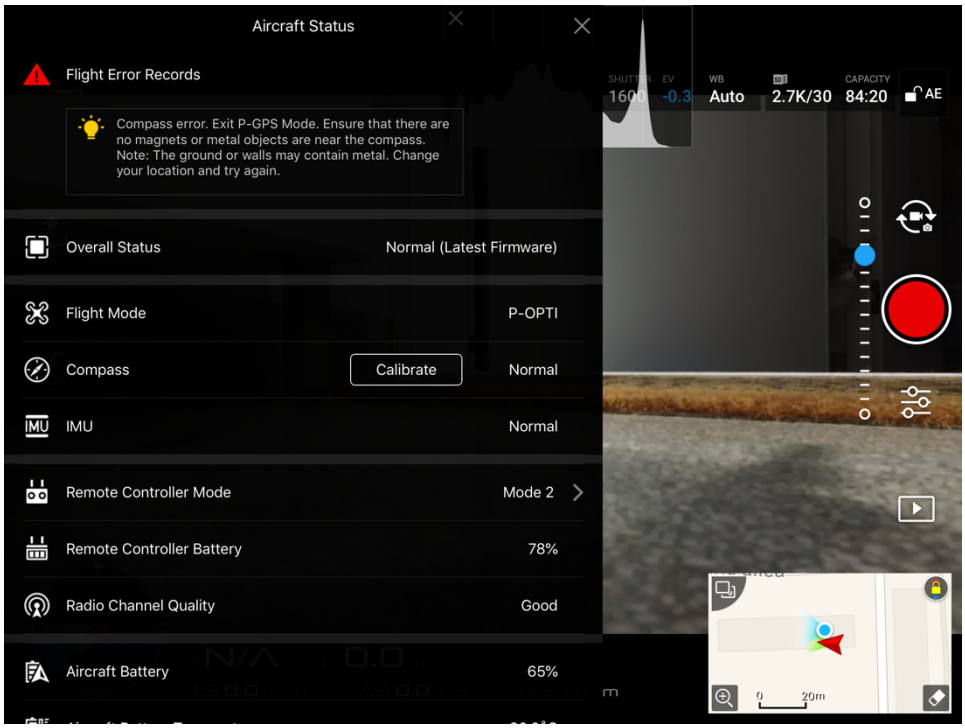
2.7.4 Filteri

Kod snimanja videa dronom često se koriste ND (*Neutral density*) filteri. Njih najčešće koriste korisnici koji se bave snimanjem videa, u svrhu dobivanja *cinematic* efekta, za što je potrebno udvostručiti broj fps-a. Na primjer, za 4K snimanje na 24 fps-a, idealno bi bilo snimati na 1/50 brzini shuttera. Da bi se to postiglo za vrijeme sunčanog dana, moraju se koristiti *neutral density* filteri, kako bi se reduciralo svjetlo koje upada u objektiv kamere i omogućila niža brzina okidača. S obzirom da se filteri koriste većinom za snimanje, a prekomplicirano je snimiti video, spustiti dron samo da bi se skinuo filter i dići ga opet gore kako bi se snimila fotografija, ili obrnuto, često se takvi filteri koriste i kada nisu potrebni. S ovim filterima treba biti pažljiv u slabom osvjetljenju. ND filteri reduciraju svjetlo koje ulazi u kameru i zahtijevaju usporavanje brzine okidača do

točke da se mogu dobiti mutne fotografije radi preduge ekspozicije. U situacijama slabog osvjetljenja scene treba se držati postojećih filtera za kamere koje dolaze s recimo s DJI Phantomom. [20]

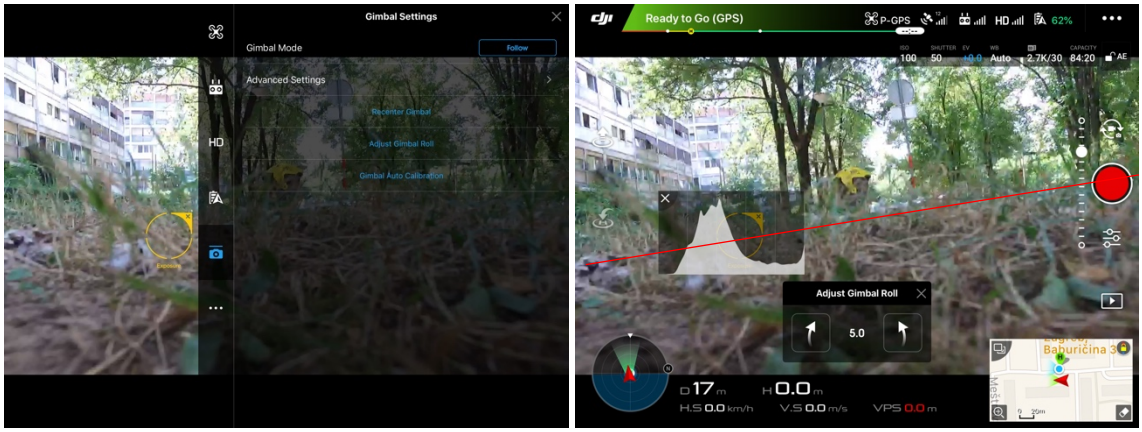
2.7.5 Tehnička strana drona

Prije leta, potrebno je provjeriti sve brojke i parametre poput indeksa senzora kompasa drona, nakon kalibracije. Čak i ako softver tvrdi da je sigurno za poletjeti, poželjno je uzeti vremena i provjeriti te indekse. Na primjer, dobro je poletjeti sa DJI dronom kada je indeks između 1500 i 1600. Veći indeks znači veće poremećaje u okolini poput metala u tlu, nekih reflektivnih površina i sličnog. Na slici 51 može se vidjeti izbornik DJI GO aplikacije koji nudi pregled različitih funkcija u dronu. Trenutno na slici javlja *Flight Error* što znači da nešto nije kako bi trebalo biti i kako dron ne smije ili ne može poletjeti. U ovom slučaju riječ je o pogreški kompasa. Ponekada se ovakav problem može ukloniti jednostavnom kalibracijom kompasa koja se može pokrenuti pritiskom na *Calibrate*. Ali za ovu situaciju to nije moguće jer se dron nalazi u okruženju velike količine metala.



Slika 51. Problem s kompasom

Također ukoliko primijetimo da gimbal ne drži kameru u savršenom položaju kao što bi trebao ili namjerno želimo dobiti neku drugačiju perspektivu, gimbal možemo ručno „naginjati“ s opcijom *Adjust Gimbal Roll* koja se nalazi u desnom izborniku, a prikazana je na slici 52. Crvenom linijom na slici označena je linija horizonta koja pokazuje kako je ručnim podešavanjem gimbal nagnuo kameru za 5 stupnjeva. Ovaj izbornik također nudi opciju da se gimbal automatski kalibrira ukoliko je došlo do neke manje greške koja se ovim postupkom može otkloniti.



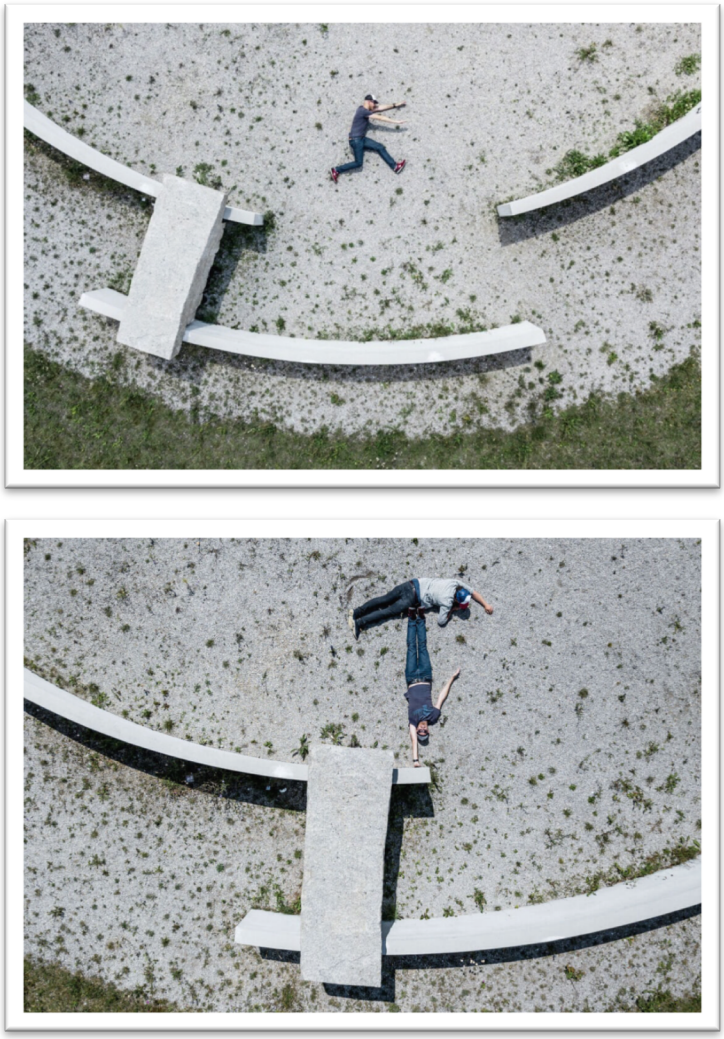
Slika 52. Podešavanje i kalibracija gimbala

Još jedna od praktičnih savjeta je da se dron nikada brzo ne polijeće sa tla u trenutku kad se propeleri upale. Poželjno ga je malo usporiti i polagano podići, lebdjeti s njim neko vrijeme, a to daje vremena da se dron prizemlji ukoliko se primijeti da postoje neke malfunkcije, ili ako se osjeti da se dron ponaša neispravno. Dovoljno je nekoliko sekundi u tom položaju i onda se može poletjeti kada je korisnik siguran da ima potpunu kontrolu. Ponekada dron nema komunikaciju sa dovoljnim brojem satelita, uslijed nekakvih interferencija, pozicije, okruženja, gubitka signala, što može prouzročiti da se dron ponaša drugačije nego inače ili ima pomake u kretanju koji odstupaju od normale.

Također bitno je paziti i na prirodu i životinjski svijet. Galebovi, na primjer, često napadaju dronove dok štite svoj teritorij. Još jedan jako bitan naputak je da se nakon svakog leta, kao što je ranije spomenuto, svaki puta promijeni SD kartica kako bi se izbjegao gubitak podataka u slučaju oštećenja ili pada drona. [20]

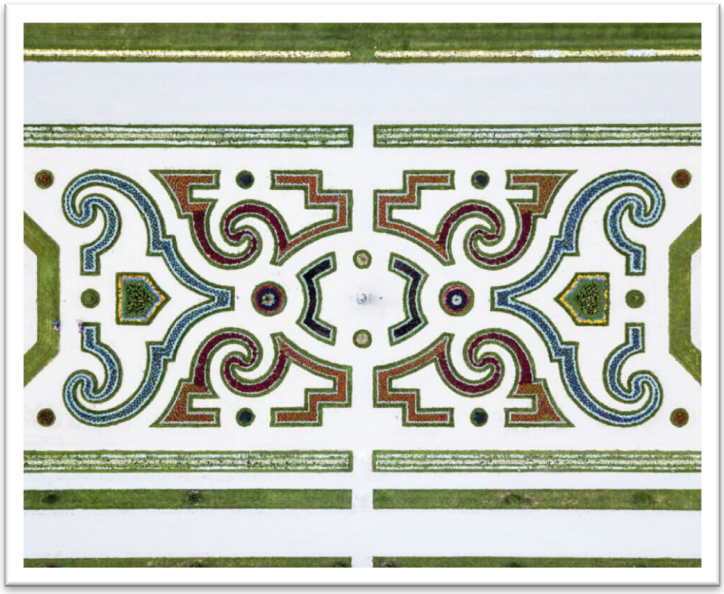
2.8 Umjetnička perspektiva

Dronovi omogućuju točku gledanja koju niti jedna druga kamera ne može dati: od gore. To omogućuje kreiranje čudesnih iluzija od ispod, poput primjera na slici xx. Koristeći recimo dron poput Phantoma, ponekad nešto obično i jednostavno poput parka, klupe ili zida može izgledati kao rub zgrade kako bi se dobila iluzija skakanja s jednog ruba na drugi (slika 53). Ovakvi trikovi danas su vrlo popularni u fotografiji dronom, a koriste ih korisnici amateri najviše za društvene mreže.



Slika 53. Umjetnička perspektiva: pokret

Ptičja perspektiva također omogućuje da se pronađe ljepota koja se nemože prepoznati sa zemlje. Park ili gradski trg mogu posjedovati nevjerojatnu simetriju koja izgleda moćno kad se uhvati na fotografiji dronom (slika 54).



Slika 54. Umjetnička perspektiva: simetrija

U svakoj slici, oštre linije oblikuju kompoziciju slike, navodeći pogled gledatelja. Nešto poput tragova ceste ili puteljka u polju može izgledati vrlo efektno kada se fotografira iz zraka (slika 55).

Slika 55. Umjetnička perspektiva: kompozicija

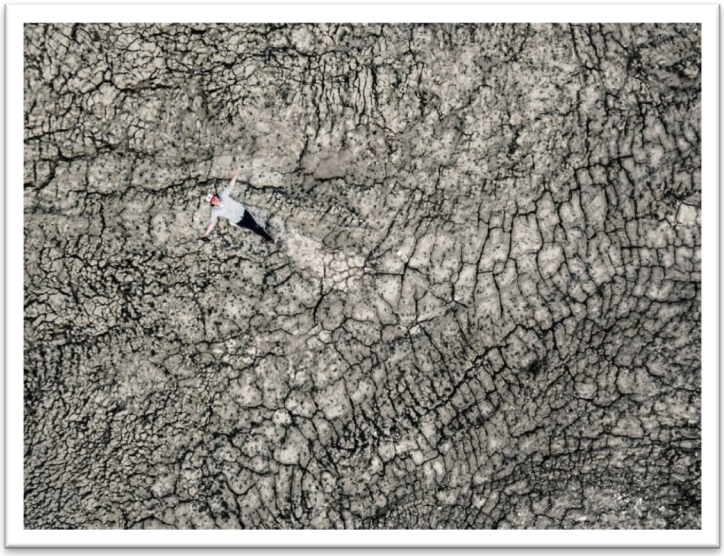
Također, dronom možemo uloviti fotografije uzoraka koji se nalaze u našoj okolini a nismo bili niti svjesni da tako djeluju kada se gledaju iz zraka. Mnogo ovakvih uzoraka može se naći u poljima, parkovima i trgovima (slika 56).

Slika 56. Umjetnička perspektiva: uzorak

Također, fotografija dronom omogućuje fotografiranje prekrasnih fotografija ispunjenih kontrastom. Svijetle, jaki tonovi izgledaju zadivljujuće odozgo. Što je veći kontrast, veći je dramatični efekt, a posebice ako su u pitanju i komplementarne boje (slika 57).

Slika 57. Umjetnička perspektiva: kontrast

Uz pomoć drona selfie je moguće podići na novu razinu. Nije bitno niti kakva je pozadina jer iz zračne perspektive sve izgleda drugačije i zanimljivo (slika 58).



Slika 58. Umjetnička perspektiva: "selfie"

Neka mjesta pružaju veliku priliku za ponavljanje. Pažljivo uređeni objekti mogu oblikovati precizne, formulacijske linije. Mjesto poput brodogradilišta ili željezničke postaje može imati ogromnu kolekciju istovrsnih objekata. Čak i obična četvrt ima dušu sa svim svojim kućama poslaganim u redu (slika 59).

Slika 59. Umjetnička perspektiva: ponavljanje

Osim ponavljanja, poželjno je fotografirati i apstraktne uzorke. Ovakvi uzorci su osnova umjetničke fotografije dronom (slika 60). Nije lako pronaći ovakve kadrove, ali upravo zato imaju veću vrijednost kada ih se nađe.

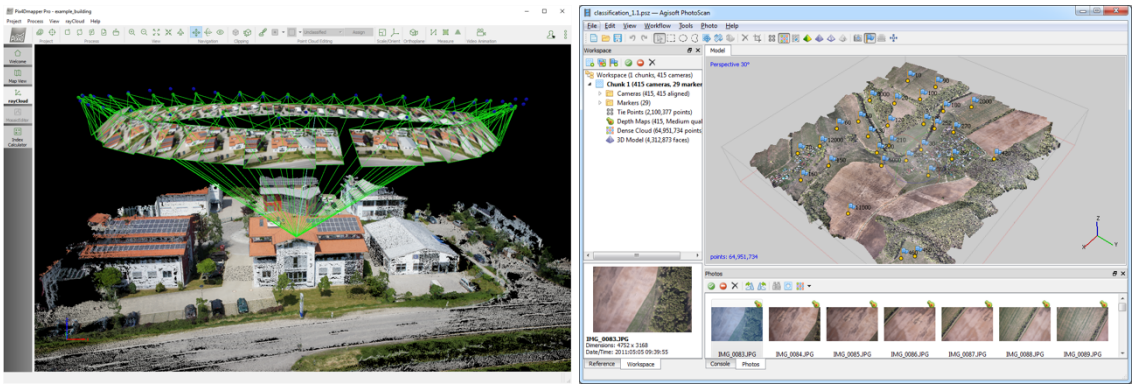
Slika 60. Umjetnička perspektiva: apstrakcija

Još nešto ključno za umjetnički doživljaj fotografije dronom su sjene. One mogu biti ključ za otvaranje mnogih imaginacija. Kada je sunce nisko, nešto prije zalaska, ljudske sjene se rastegnu u gigantske siluete, projektirajući svaki pokret i aktivnost. Iako možda ne izgleda previše zanimljivo sa tla, iz zračne perspektive fotografija nastala igrom sjena ima veliki umjetnički doživljaj (slika 61).

Slika 61. Umjetnička perspektiva: sjene

2.9 Kamera drona kao alat za 3D skeniranje i modeliranje prostora

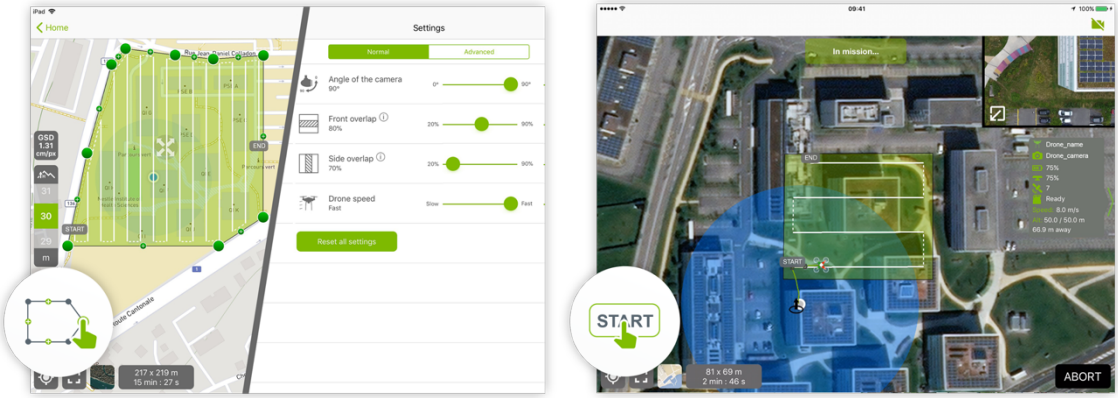
Područje 3D modeliranja danas je veoma napredovalo i razvija se nevjerojatnom brzinom. Koristi se u razne svrhe poput filmske industrije, elektrotehnike, brodogradnje, građevine, gaming industrije, geodezije, agrokulture medicine, umjetnosti…Danas postoje mnogi softveri koji omoguću stvaranje i kreiranje nevjerojatnih 3D modela prostora, objekata i područja iz snimaka dronom. Ova tehnika može poslužiti za izradu modela prostora za VR (*Virtual Reality*) tehnologije, virtualne šetnje ili *augumented reality* metode. Najviše se ovom tehnikom modeliranja i skeniranja koristi grana geodezije i agrikulture, a neki od softvera koje koriste su Agisoft i Pix4D (slika 62).



Slika 62. Lijevo: Pix4D, desno: Agisoft softveri za skeniranje i izradu 3D modela

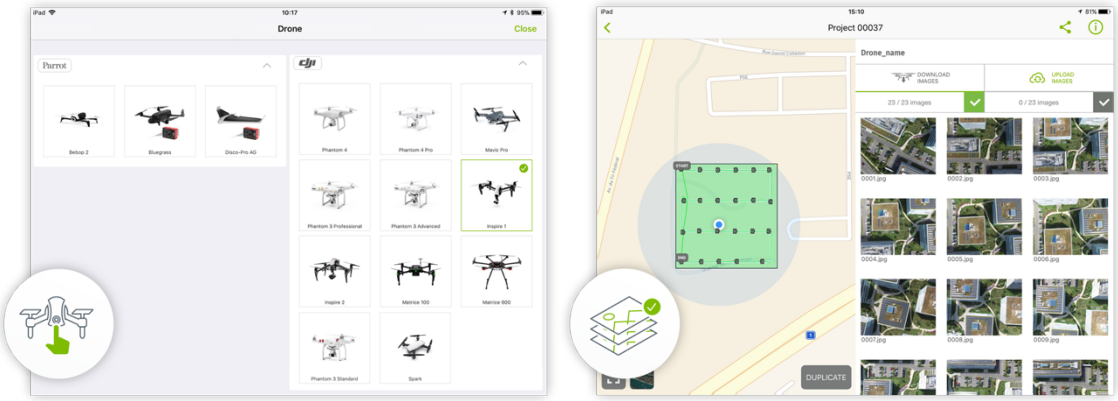
Pix4D nudi i besplatnu aplikaciju za upravljanje i let dronom koja omogućuje kreiranje i planiranje planova i ruta za hvatanje slikovnih podataka. Planiranje leta omogućava da se područje, gradilište, polje ili objekt snimi iz svih odgovarajućih kutova i pozicija kako bi se prikupilo dovoljno informacija za stvaranje 3D modela. Nakon leta, ove snimke se na vrlo jednostavan način mogu obraditi u geo referencirane mape i modele, u Pix4D desktop ili cloud softveru. Postoji nekoliko softvera ovog proizvođača kao što su Pix4D *fileds* (zračna analiza usijeva i polja), Pix4D *mapper* (mapiranje zemljišta), Pix4D *bim* (analiziranje, dijeljenje i integriranje podataka izvođenja gradilišta), Pix4Dbim *models* (kreiranje modela objekata iz slikovnih podataka dobivenih dronom)…Većinu ovih softvera koriste

stručnjaci iz područja geodezije, građevine i agrikulture. Na slici 63. prikazan je izgled mobilne aplikacije Pix4D cature koja služi za planiranje ruta prilikom leta.



Slika 63. Planiranje leta u aplikaciji Pix4D capture

Pix4D capture aplikacija za upravljanje dronom nudi mogućnost odabira između postojećih DJI te Parrot modela dronova. Ovu aplikaciju moguće je koristiti na skoro svim novijim modelima DJI dronova kao što su Phantom (4, 4 Pro, 3 Professional, 3 Advanced, 3 Standard), Mavic Pro, Inspire 1 i 2, Matrice 100 i 600 te Spark (slika 64). Na slici je također prikazana galerija sa svim snimljenim fotografijama koja također ima i kartu na kojoj se mogu vidjeti sve točke zemljišta i planirane rute koje su obuhvaćene tim fotografijama.



Slika 64. Odabir drone i pregled fotografija u aplikaciji Pix4D capture

3. PRAKTIČNI DIO

3.1 Oprema

Tablica 5: Oprema korištena za izradu i obradu fotografija

Dron	DJI Phantom 3 Advanced
Kamera i specifikacije	Integrirana kamera drona - 1/2.3” CMOS senzor - 12.4 MP - FOV 94° 20 mm (ekvivalent 35 mm formatu) - Otvor blende f/2.8, fokus na ∞ - ISO 100-1600 (foto), 1000 -1600 video - veličina slike 4000×3000 Načini snimanja fotografije - Jedna fotografija - Burst: 3/5/7 sličica - Auto Exposure Bracketing (AEB): 3/5 slika na 0.7 EV - Timelapse Načini snimanja videa - 2.7K: 2704 x1520p 24/25/30 (29.97) - FHD: 1920x1080p 24/25/30/48/50/60 - HD: 1280x720p 24/25/30/48/50/60 Format slikovnog zapisa: JPEG, DNG (RAW) Foramati video zapisa: MP4, MOV (MPEG-4 AVC/H.264) Temperatura rada: 0° do 40°C Memorija: Micro SD kartica, do 64 GB
Programi za obradu fotografije	Photomatix Pro verzija 6.1 (6.1.18), Photoshop CC 2017, Adobe Camera Raw 10.3

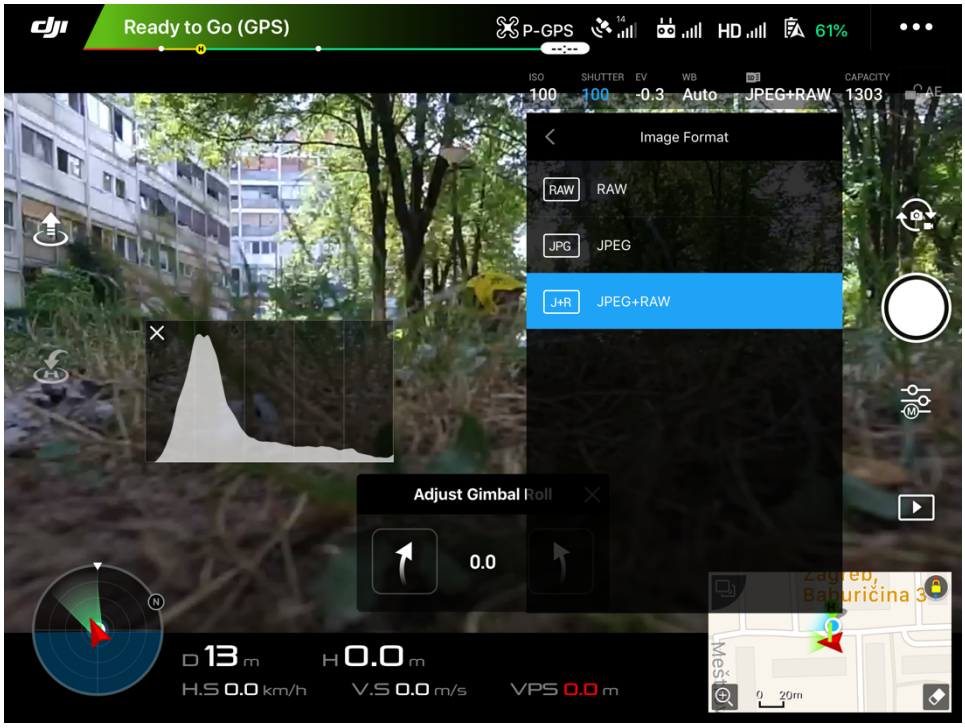
Potrebna oprema	DJI GO aplikacija za kontorlu drona i kamere, DJI remote kontroler, Apple Ipad 3 mini u svrsi ekrana kontrolera + kabel 3x Phantom 3 Intelligent Flight baterije, 3x Micro SD kartica DJI Remote Controller Monitor Hood za tablete DJI Phantom 3 Hardshell zaštitni ruksak (spremnik)

Za snimanje, izradu i obradu autorskih materijala u tablici 5 navedena je korištena oprema za snimanje i programi za procesiranje fotografija, a na slici 65 prikazan je dio potrebne korištene opreme koji je naveden u tablici te spomenut ranije u radu. Sve slike korištene u ovom dijelu rada su autorske fotografije.

Slika 65. Korištena oprema

3.2 Snimanje fotografija i odabir scene

Snimanje dronom samo po sebi podrazumijeva da je obuhvaćena dinamična scena, širokog dinamičkog raspona i različitih karakteristika. Kao što je spomenuto u radu ranije, uslijed pomicanja drona između bracketinga, zbog vjetrovitih uvjeta, snimanje pravog HDR-a ponekad nije moguće. To može prouzročiti pomicanje drona što kasnije otežava proces stapanja više ekspozicija u jednu. Također ukoliko snimamo tri ekspozicije za redom, a koristimo postavku RAW + JPEG (slika 66), što znači da za svaku ekspoziciju dron sprema jedan sirovi i jedan JPEG zapis, može doći do blokiranja međuspremnika te izostanka fotografije koja je trebala biti snimljena. Međuspremnik (buffer) je privremena memorija koja spašava informacije prije nego što ih aparat zapiše u obliku formata. On unapređuje brzinu okidanja i omogućava neprestano snimanje fotografija za redom. Kako je RAW dosta velik format, međuspremnik može postati preopterećen količinom zaprimljenih informacija ako se u slijedu snimaju RAW formati. Posljedica toga je da prestaje zaprimat informacije, tijek zapisa je prekinut i nekoliko okidanja preskače, dok se međuspremnik ponovo ne isprazni.



Slika 66. DJI GO aplikacija: odabir RAW+JPEG formata

Zato je u većini slučajeva izrada pseudo HDR fotografije, koja podrazumijeva tonsko mapiranje jednog RAW zapisa, idealno riješenje. Korištena integrirana kamera drona ima senzor od 12.4 MP te leću koja ima FOV 94° i širinu 20 mm (ekvivalent 35 mm formatu), otvor blende od 2.8 sa fokusom na ∞. S obzirom na ove specifikacije i jačinu senzora treba biti pažljiv i sa odabirom scene jer iako je ovakva kamera poprilično dobra i omogućuje snimanje u RAW (Adobe DNG) zapisu, današnje kamere na dronovima su napredovale od vremena od kada je ova kamera proizvedena te ona ipak ima neke nedostatke. Većina današnjih fotoaparata ima senzore od 20 MP nadalje, a nedostatak jačine senzora ovakve kamere nekad se očituje u pojačanoj pojavi šuma na fotografijama (slika 67), koji se u postupku tonskog mapiranja dodatno naglašava. Uklanjanje i smanjenje šuma u obradi će stoga biti obrađeno u nastavku rada.

Slika 67. Šum pojačan prilikom procesa tonskog mapiranja

Kako bi smo dobili željeni „nerealni“ HDR izgled, koji se često pripisuje ovoj vrsti fotografije, potrebno je birati scenu koja to omogućuje. To podrazumijeva hvatanje scena širokog dinamičkog raspona, velikog broja detalja, izrazito velika dubine i velikog kontrasta. Nije poželjno fotografirati direktno u sunce jer senzor drona nije dovoljno jak da uhvati odgovarajući broj informacija kako bi se kasnije vratili detalji iz „spaljenog“ dijela slike te su velike šanse da će na tom mjestu biti

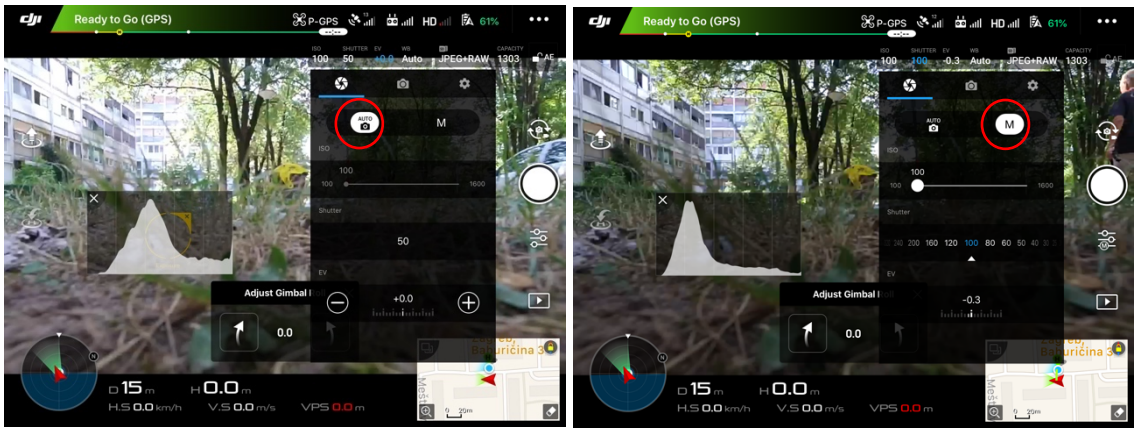
velika svijetla mrlja. Idealne scene za dobivanje kvalitetnih HDR fotografija svakako uključuju nebo, ali u uvjetima kao što su zalasci i izlasci sunca, oblačno nebo ili sunce iza oblaka. Oblaci generalno pridonose dramatičnom doživljaju HDR fotografije (slike 68) s obzirom da se na njima jasno vide kontrasti, a i sami su u kontrastu s bojom neba.

Slika 68. Odabir scene: oblaci koji pridonose dramatičnom efektu

3.2.1 Postavke u dronu

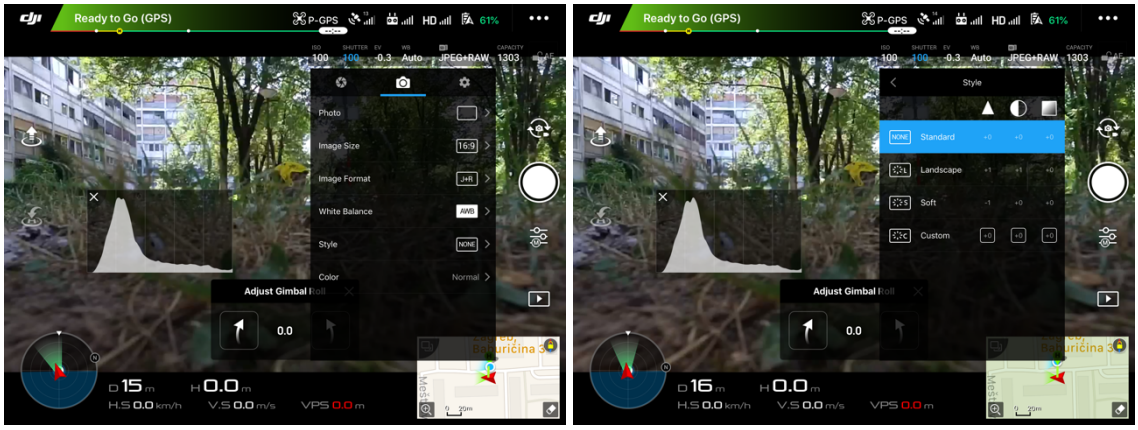
Kako bi se postigao željeni efekt i izgled fotografija, te povećala kvaliteta zapisanog formata, potrebno je poznavati kameru drona te naučiti kako putem postavki kamere i drona možemo utjecati na rezultate te iskoristiti puni potencijal senzora. Kao što je ranije spomenuto, najviše možemo postići snimanjem u RAW formatu, no postoji niz drugih čimbenika koji nam mogu omogućiti dobivanje boljih rezultata. Jedan od njih je i ranije spomenut *auto* način koji je praktičan jer omogućuje da tokom leta ne razmišljamo o ISO vrijednostima i brzini okidača već se on sam prilagođava sceni i odabire najbolje moguće postavke. No nekada to i nije točno ono što bismo mi htjeli uhvatiti, a ponekada, u situacijama poput ručnog bracketinga, želimo sami manipulirati ovim vrijednostima kako bi dobili nekoliko različitih ekspozicija. U tim slučajevima manualni način nam omogućuje da sami prilagodimo postavke za scenu, kao što je prikazano na slici 69. Kao što se vidi na slici, čak i u *auto* načinu fotografiranja, moguće je kompenzirati ekspoziciju (mijenjati vrijednosti za EV – *Exposure Value*).

U manualnom načinu može se manipulirati svim navedenim vrijednostima. Kada izađemo iz izbornika i tokom leta, na ekranu se uvijek u gornjem desnom dijelu zaslona nalazi mala traka sa informacijama o načinu snimanja i odabranim postavkama tako da u svakom trenutku možemo provjeriti s kojim vrijednostima ISO, ekspozicije, brzine okidača te bijelog balansa snimamo te u kojem formatu.



Slika 69. DJI GO aplikacija: auto i manual načini

Za potrebe ovog rada najčešće je korištena postavka *auto,* no u nekoliko situacija bilo je potrebno dodavati ili oduzimati EV vrijednosti kako bi se pomoću kompenzacije ekspozicije dobila ispravnija bazna fotografija. Bazna fotografija je ona fotografija koja u procesu uzastopnog bracketinga ima ispravnu ekspoziciju, a prema njoj onda uz odabranu stopu EV (+/-) nastaje i preeksponirani te podekssponirani zapis scene. Zato je bitno da bazna fotografija ima ispravnu ekspoziciju te da ne bude previše tamna ali ne smije biti niti previše osvijetljena. Na slici 70 prikazan je izbornik DJI GO aplikacije u kojem se nalazi izbornik sa svim postavkama za fotoaparat, kao što su format slike, bijeli balans, stil, boja i način slikanja.



Slika 70. DJI GO aplikacija: postavke kamere

Image size odnosno format slike spomenut je i prikazan ranije u radu, ovdje možemo odabrati format u kojem ćemo fotografirati. Za potrebe ovog rada korišten je 16:9 format iz razloga što je prikladniji za snimanje pejzaža s velikih udaljenosti jer je svojom veličinom bliži formatu panorame.

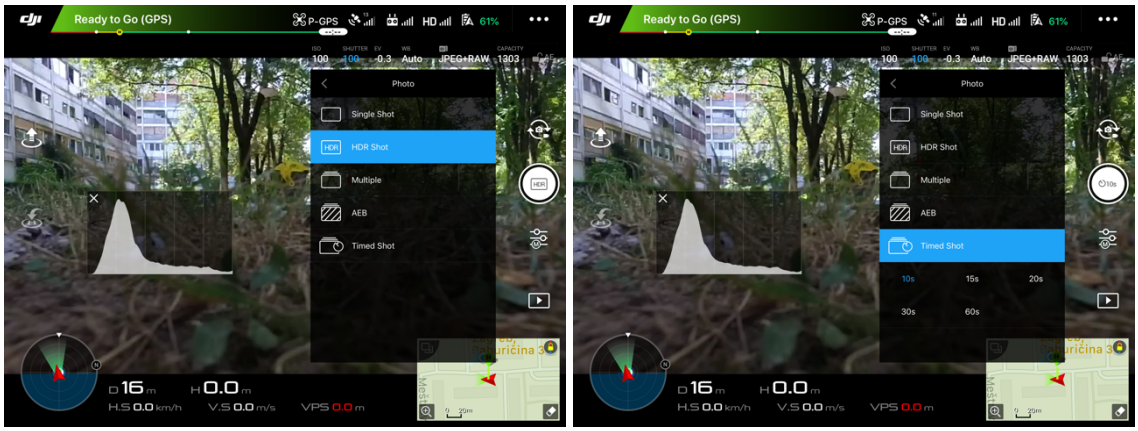
Image format je također spomenut ranije u radu, a ovdje možemo birati hoćemo li fotografirati u JPEG, RAW ili JPEG + RAW formatu. Za potrebe ovog rana korišten je JPEG + RAW format.

Opcija *White Balance* je za vrijeme snimanja fotografija za ovaj rad bila uvijek *namještena na AWB (Auto White Balance).*

Color je opcija koja je također spomenuta ranije u radu, te ona nije bitna za finalni produkt fotografija ukoliko se snima u RAW formatu već za prikaz boja na ekranu kojim upravljamo kamerom drona u letu. Ovu postavku je najbolje držati na *true color* odnosno *normal.*

Style je opcija koja je prikazana na slici 70 te ovdje možemo, nevezano uz auto ili manualni način, kreirati svoje stilove ili odabrati postojeće poput *Landscape* (pejzažni), *Standard* (koji je korišten za potrebe ovog rada) te *Soft* (koji je prikladan za „mekaniji“ odnosno „sanjarski“ izgled fotografije s obzirom da ima smanjenu oštrinu (-1).

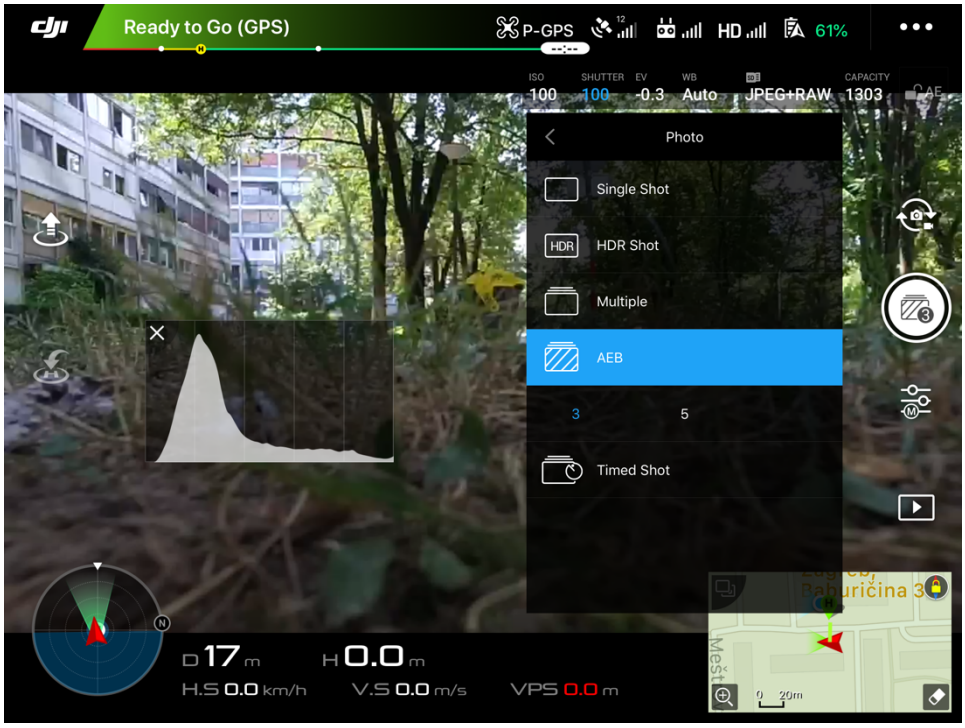
U opciji *Photo* (slika 71) nalaze se sve bitne postavke za izradu HDR-a. Opcija *Single* znači da se fotografira jedna obična fotografija. Ova opcija je korištena u radu u kombinaciji sa postavkom RAW + JPEG, za nastanak pseudo HDR fotografija. Kao što se vidi na slici 71, u aplikaciji postoji i opcija za HDR u samoj kameri drona no rezultat korištenja te postavke ne daje vidljivu razliku naspram ostalih fotografija, može se reći da je reduciran kontrast između nasvjetlije i najtamnije točke u sceni te da su neki detalji više istaknuti (oštriji) no rezultati nisu usporedivi sa rezultatima izrade HDR-a u softveru za tonsko mapiranje. Opcija *Multiple* je također ranije spomenuta u radu, a omogućuje fotografiranje nekoliko fotografija za redom (slika 49). Tri do pet fotografija daje šansu da će kamera, koja ih uslika velikom brzinom, jednu od njih slikati u velikoj oštrini.



Slika 71. DJI GO aplikacija: postavke kamere

Još jedna opcija u ovom izborniku je *Timed Shot (slika 71),* a ona omogućuje *da* snimimo fotografiju s određenim vremenskim odmakom (10, 15, 20, 30, 60 sekundi), što znači da pritiskom na tipku za okidanje nećemo odmah dobiti zapis nego će se fotografija snimit kada prođe odabrani vremenski period.

Ono što je bitno za izradu ovog rada također je opcija AEB (*Auto Exposure Bracketing)* koja je prikazana na slici 72. Ovdje možemo odabrati između tri ili pet fotografija. To znači da će kamera velikom brzinom snimiti tri ili pet različito eksponiranih fotografija sa, u slučaju ovog rada, razlikom u ekspoziciji u vrijednosti od oko 1.0 EV. Za potrebe ovog rada i izrade pravog HDR-a snimane su po tri fotografije što znači da je bazna fotografija imala ispravnu ekspoziciju a druge dvije oko +/- 1.0 EV. Za fotografiju dronom, veći stupanj nije niti potreban, iako ponekad, radi scene širokog dinamičkog raspona, možemo raditi i sa većim vrijednostima. Problem kod ove postavke je i ranije spomenut, ukoliko se snima u RAW + JPEG formatu, kako je RAW dosta velik formati, međuspremnik može postati preopterećen količinom zaprimljenih informacija ako se u slijedu snimaju RAW formati što dovodi do preskakanja fotografija koje bi trebale biti snimljene.



Slika 72. DJI GO aplikacija: AEB - Auto Exposure Bracketing

3.3 Obrada fotografija

Fotografije su snimane u RAW + JPEG formatu te je kasnije RAW format obrađen u softveru za tonsko mapiranje Photomatix Pro. Produkti tonskog mapiranje još su dodatno obrađeni u Photoshopu kako bi se ispravile nastale greške poput šuma ili dodatno naglasili pojedini dijelovi slike u kojima fali informacija. JPEG format sniman je kako bi se kasnije mogla raditi vizualna usporedba ali i usporediti produkt tonskog mapiranja RAW i JPEG zapisa. Osim pseudo HDR-a, snimljeno je i nekoliko fotografija sa različitim ekspozicijama kako bi se mogao izraditi i pravi HDR te provesti adekvatna usporedba. Još jedna metoda koja je primijenjena u ovom radu je izrada tri ekspozicije iz jednog RAW zapisa te njihovo kasnije stapanje u softveru za tonsko mapiranje. Ovo je rađeno na način da se jedan RAW zapis prvo otvori u Adobe Camera Raw pluginu za Photoshop te se ovdje uz mijenjanje ekspozicije spreme tri JPEG zapisa scene (-1, 0, +1 EV). Tada se ta tri JPEG zapisa stapaju u programu za tonsko mapiranje što je postupak izrade pravog HDR-a, iako je u osnovi pseudo HDR. U nastavku su navedeni svi načini izrade HDR-a te svi postupci dodatne obrade koji u primijenjeni u radu kako bi se dobio željeni izgled finalnih fotografija:

1. snimanje jednog RAW zapisa - pseudo HDR
    - tonsko mapiranje u Photomatix Pro programu
    - Photoshop: uklanjanje šuma, ispravljanje grešaka, isticanje pojedinih djelova, te postupak „djelomičnog“ tonskog mapiranja

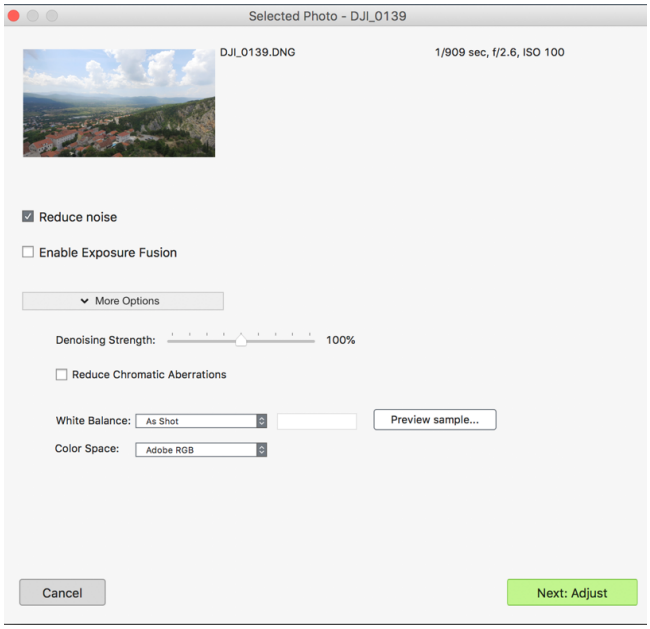
2. snimanje jednog RAW zapisa - pseudo/pravi HDR
    - izrada 3 ekspozicije u Photoshopu (+/-1 EV), spremanje u JPEG zapisu,
    - stapanje 3 JPEG zapisa u Photomatix Pro (tonsko mapiranje)
    - Photohop: uklanjanje šuma ukoliko je potrebno

3. snimanje tri različito eksponirana RAW zapisa – pravi HDR
    - Stapanje i obrada u Photomatix Pro (tonsko mapiranje)
    - Photoshop: uklanjanje šuma ukoliko je potrebno

3.3.1 Pseudo HDR

3.3.1.1 Photomatix Pro

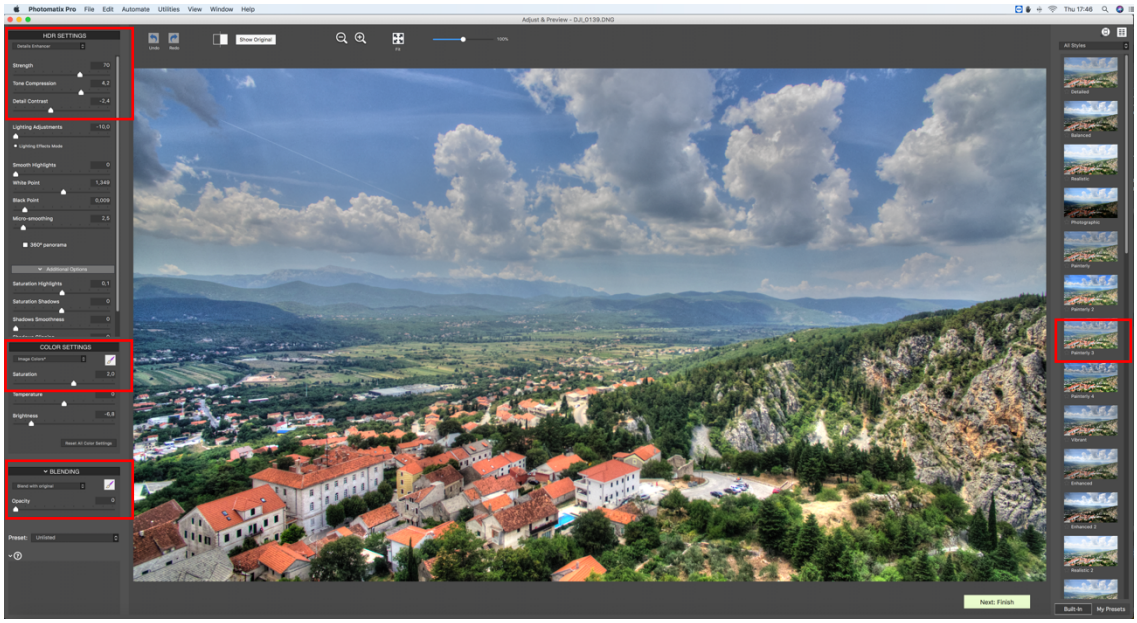
Za potrebe ovog rada, prilikom tonskog mapiranja, u Photomatixu je korišten preset „Painterly 3“ radi dosljednosti i usporedbe finalnih produkata. Na slici 73 može se vidjeti kako izgleda izbornik koji se otvara prilikom otvaranja RAW formata u Photomatixu. Vidljivo je kako se nudi niz mogućnosti poput smanjenja šuma (redice noise), odabiranja jačine uklanjanja šuma, bijelog balns itd. Također, u gornjem desnom kutu nalaze se informacije o slikanoj fotografiji kao što su otvor blende, ISO, brzina okidača i slično. Za potrebe ovog rada, uvijek je korištena opcija „reduce noise“, iako je u nekim slučajevima šum trebalo korigirati kasnije i u Photoshopu.



Slika 73. Photomatix Pro: otvaranje DNG sirovog zapisa

Na slici 74 vidi se sučelje programa Photomatix nakon što smo otvorili sirovi zapis. Za potrebe ovog rada, za izradu pseudo i pravog HDR-a korišten je preset „Painterly 3“ kako bi rezultati bili dosljedni i kako bi kasnija usporedba bila lakša. Većina parametara je slična za sve slike, no može ovisiti o potrebama uhvaćene scene. Ono što je bilo zajedničko svim fotografijama u početku procesa tonskog

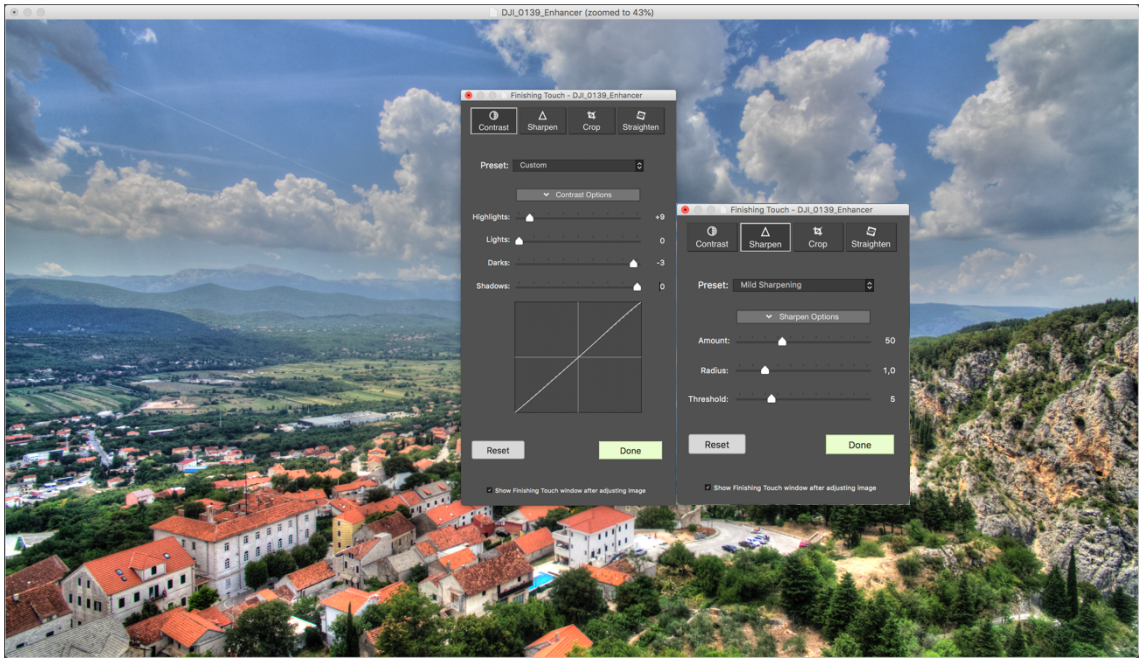
mapiranja je da su parametri HDR SETTINGS u gornjem lijevom kutu uvijek isti, a to znači *Strenght* 70 dok je *Tone Compression* 4,2 a *Detail Contrast* -2.4. Ostale postavke u ovoj kategoriji nisu dirane, a nekim fotografijama je reducirana saturacija koja se nalazi u kategoriji *COLOR SETTINGS*, u slučaju da su boje previše naglašene. Ponekada, ako procijenimo da je potrebno, možemo dobiven rezultat tonskog ublažiti djelomičnim stapanjem sa originalnom slikom u kategoriji *BLENDING* (slika 74). Ova opcija primjenjena je u nekim slučajevima, ali ovo isto možemo postići i u kasnijoj obradi, stapanjem sa originalom u Photoshopu putem *opacity-a*, ukoliko je potrebno.



Slika 74. Photomatix Pro: odabir postavki

Pritiskom na *Next: Finish,* otvara se izbornik u kojem vidimo rezultat tonskog mapiranja te nam se nudi još nekoliko dodatnih opcija za „*finishing touch*“. Ovdje možemo mijenjati kontraste u svijetlim i tamnim tonovima slike, sjenama, pojačati oštrinu, rezati sliku, rotirati ju i slično. Za potrebe ovog rada, u većini slučajeva je dodavano malo oštrine kako bi se naglasili detalji u sceni, te su vrlo malo mijenjani parametri za kontrast u tamnijim dijelovima slike s obzirom da uz previše kontrasta u ovim dijelovima gubimo informacije sa slike te poništavamo efekt HDR-a. Kao što se na slici može vidjeti, osim *Custom* načina postoje i gotovi *preseti* odnosno gotove postavke, kao što je recimo slučaj kod izoštravanja gdje

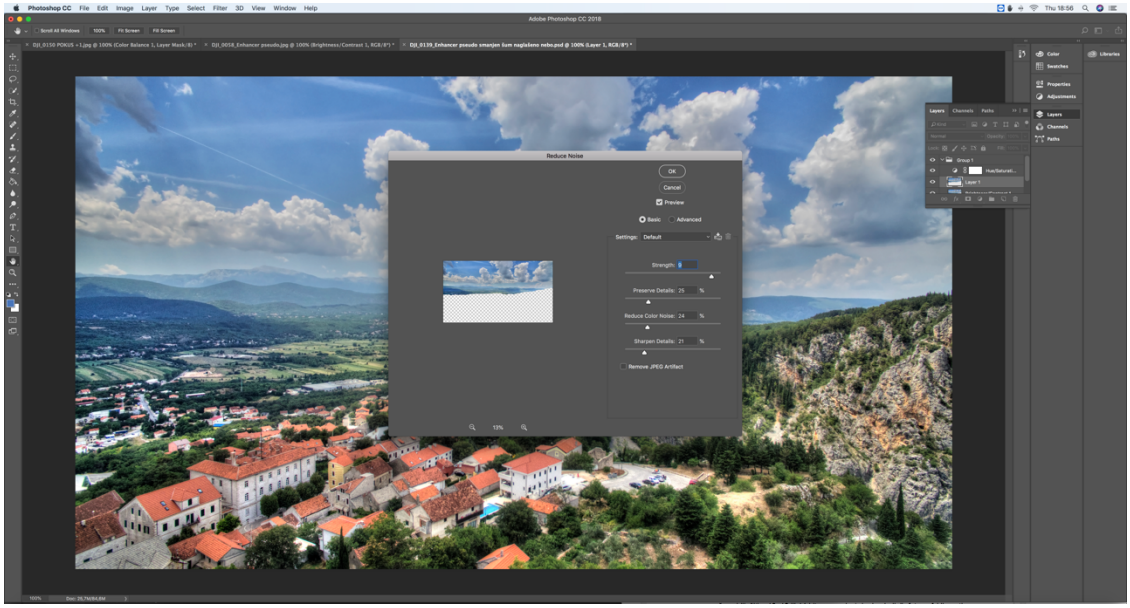
možemo birat između Mild, Medium i Strong odnosno blagog srednjeg i jakog izoštravanja (slika 75). S ovim treba biti oprezan jer iako pridodaje izgledu HDR-fotografije, isto tako uz previše izoštravanja možemo dobiti efekt zrnatosti i grubosti. Za potrebe ovog rada ciljan je izgled pomalo mekših fotografija, koje djeluju pomalo nadrealno, poput naslikane slike.



Slika 75. Photomatix Pro: Finishing touch

3.3.1.2 Uklanjanje šuma i naglašavanje detalja u Photoshopu

Kada je završeno tonsko mapiranje U Photomatixu, u Photoshopu možemo u daljnjoj obradi naglasiti dijelove za koje mislimo da nisu dovoljno naglašeni te ukloniti odnosno reducirati šum naglašen prilikom tonskog mapiranja, zbog nedostatka senzora. Tako u Photoshopu možemo odabrati opciju *Reduce Noise,* koja se nalazi u izborniku *Filter* pod *Noise.* Za ovaj primjer, nije bilo potrebe uklanjati šum sa cijele slike već samo sa određenog dijela kao što je nebo i oblaci na kojima je šum najvidljiviji. Ova opcija u Photoshopu poprilično dobro uklanja šum i daje dobre rezultate, a može se i manipulirati parametrima za uklanjanje šuma kao što su jačina, očuvanje detalja, reduciranje šuma boje te izoštravanje detalja. Također postoji opcija za osnovno i napredno uklanjanje šuma (slika 76).



Slika 76. Photoshop: djelomično uklanjanje šuma sa slike

Kao što na nekim dijelovima treba ukloniti šum, tako i određene dijelove treba istaknuti odnosno pojačati njihove kontraste ili svjetlinu. U slučaju tonskog mapiranja jednog RAW zapisa, često dolazi do toga da nebo i lokacije u daljini nemaju dovoljan broj detalja u sceni što rezultira „manje dramatičnim“ nebom nego što bi to bilo kod pravog HDR-a . Zato se taj dio može odabrati i naglasiti u Photoshopu uz pomoć svjetline i kontrasta, kao što je prikazano na slici 77.

Slika 77. Photoshop: djelomično naglašavanje detalja

Na lijevoj strani slike prikazana je fotografija prije djelomičnog naglašavanja detalja, a sa desne strane nalazi se finalni produkt. Na slici 78. može se vidjeti usporedba originalnog JPEG zapisa nastalog u dronu te tonski mapiranog i u Photoshopu uređenog, jednog RAW zapisa (pseudo HDR). Jasno je vidljivo da je ovim procesom vraćen velik broj detalja u scenu, pogotovo onih iz pozadinskih dijelova (daleke planine i polja, nebo, oblaci), ali i sa prednjih dijelova scene.

Slika 78. Usporedba JPEG neobrađenog zapisa te uređenog pseudo HDR-a

Na slici 79. prikazan je još jedan takav primjer koji nastao tonskim mapiranjem jednog RAW zapisa u Photomatixu, a zatim spremljeni JPEG u Photoshopu dalje obrađen. Također je prikazana usporedba na način da se na lijevom dijelu slike nalazi tonski mapiran zapis direktno iz Photomatixa bez daljnje obrade u Photoshopu, dok je s desne strane naglašen dio slike te uklonjen šum iz djelova neba na kojima je šum bio naglašen nakon postupka tonskog mapiranja.

Slika 79. Photoshop: djelomično naglašavanje detalja

Na slici 80 može se vidjeti koliko je velika razlika između originalnog JPEG zapisa nastalog spremanjem u dronu i finalnog produkta nastalog tonskim mapiranjem u Photomatixu (pseudo HDR) i daljnjom obradom u Photoshopu.

Slika 80. Usporedba JPEG neobrađenog zapisa te uređenog pseudo HDR-a

Još jedan primjer dorade nakon tonskog mapiranja može se vidjeti na slici 81. Ovdje je bilo potrebno povratiti određenu količinu informacija jer je, radi nedostatka senzora, što rezultira manjim brojem spremljenih informacija, dio podataka o jedrilicama prilikog tonskog mapiranja nestao. Na slici 81 prikazan je rezultat tonskog mapiranja u Photomatixu, uz daljnju obradu u Photoshopu. U ovom slučaju željeni izgled fotografije je zahtijevao manje dramatičan izgled HDR-a što se postiglo stapanjem originalnog JPEG zapisa sa tonski mapiranim.

Slika 81. Originalni JPEG zapis koji se djelomično stapao sa tonski mapiranim

Nakon toga bilo je još potrebno istaknuti detalje u nebu i planinam te ukloniti nastali šum. Još jedan korak bio je potreban, a to je vraćanje izgubljenih detalja u jedrilicama. Za ovak postupak bilo je potrebno koristiti originalnu sliku s kojom smo stapali tonski mapiran JPEG zapis. Na mjestima na kojima su jedrilice izgubile detalje, bilo je dovoljno preuzeti podatke iz originalne slike. Finalni produkt i usporedba s originalom prikazana je na slici 81.

U nekim situacijama vraćanje izgubljenih detalja i podataka iz dijelova scene možemo nazvati i djelomičnim tonskim mapiranjem. Taj postupak će biti objašnjen na primjeru slike 82 na kojoj možemo vidjeti originalno snimljen JPEG zapis. Jasno je vidljivo da je na ovoj fotografiji uslijed karakteristika senzora i atmosferskih uvjeta nestao dio informacija iz gornjeg lijevog kuta, koji prikazuje more i otoke. Tehnika tonskog mapiranja je odlična za vraćanje detalja, no ukoliko iz svih dijelova slike ne treba jednako naglašavati detalje možemo se koristiti postupkom djelomičnog tonskog mapiranja.

Slika 82. Originalni JPEG zapis na kojem je vidljiv gubitak informacija iz scene

Prvo je proveden proces tonskog mapiranja uz postavke koje daju veoma intenzivne i nerealne rezultate no uspješno naglašavaju detalje i vraćaju

informacije iz kritičnih područja, kao što je vidljivo na lijevoj strani slike 83. Zatim je u Photoshopu Ovakva intenzivna fotografija stopljena s originalnom kako bi se ublažio efekt HDR-a na prihvatljivu razinu, kao što se vidi na desnoj strani slike 83. Na dobivenom produktu vidljivo je da je dio informacija vraćen, no to i dalje nije dovoljno u usporedbi s količinom informacija koja se nalazi u prednjem dijelu.

Slika 83. Lijevo: intenzivno tonski mapiran zapis, desno: stapanje s originalom

Sljedeći postupak bio je klasično dotjerivanje fotografije, dodavanje svjetline i kontrasta na cijelu fotografiju, topline, mijenjanje i manipuliranje parametara za boje i tonove. Kada se dobio željeni izgled cjelokupne scene, kreće se na takozvano djelomično tonsko mapiranje.

Slika 84. Rezultat prije „djelomičnog tonskog mapiranja“

U ovom procesu ponovno se koristi tonski mapiran zapis dramatičnog izgleda no sada maskiramo samo dio ovog zapisa kako bi ga ponovno upotrijebili u gornjem lijevom dijelu slike. To daje rezultat prikazan na slici 85. Sada je već jasno vidljivo da je vraćen željeni dio informacija sa odabranog dijela scene. Cijela scena sada ima jednak doživljaj, a ovo je postignuto na način da nisu svi dijelovi podvrgnuti jednakom intenzitetu tonskog mapiranja. Dok su prednji dijelovi fotografije, koji su i ranije bili dobro vidljivi, stopljeni sa originalnim JPEG zapisom, gornji lijevi dio fotografije iskoristio je puni produkt tonskog mapiranja.

Slika 85. Rezultat nakon djelomičnog tonskog mapiranja

Na slici 86 prikazana je usporedba originalnog JPEG zapisa i finalnog produkta (djelomičnog) tonskog mapiranja te dorade u Photoshopu.

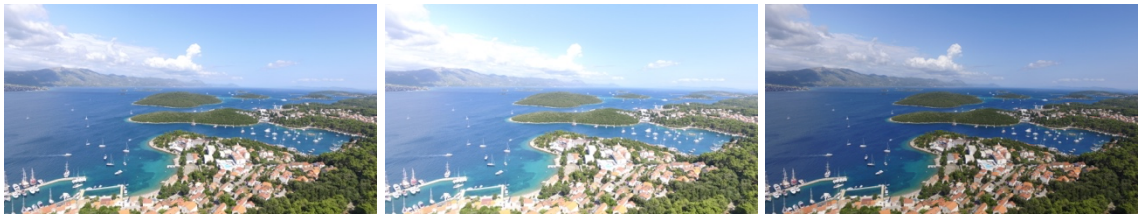
Slika 86. Lijevo: originalni JPEG zapis, desno: finalni produkt

3.4 Pravi HDR

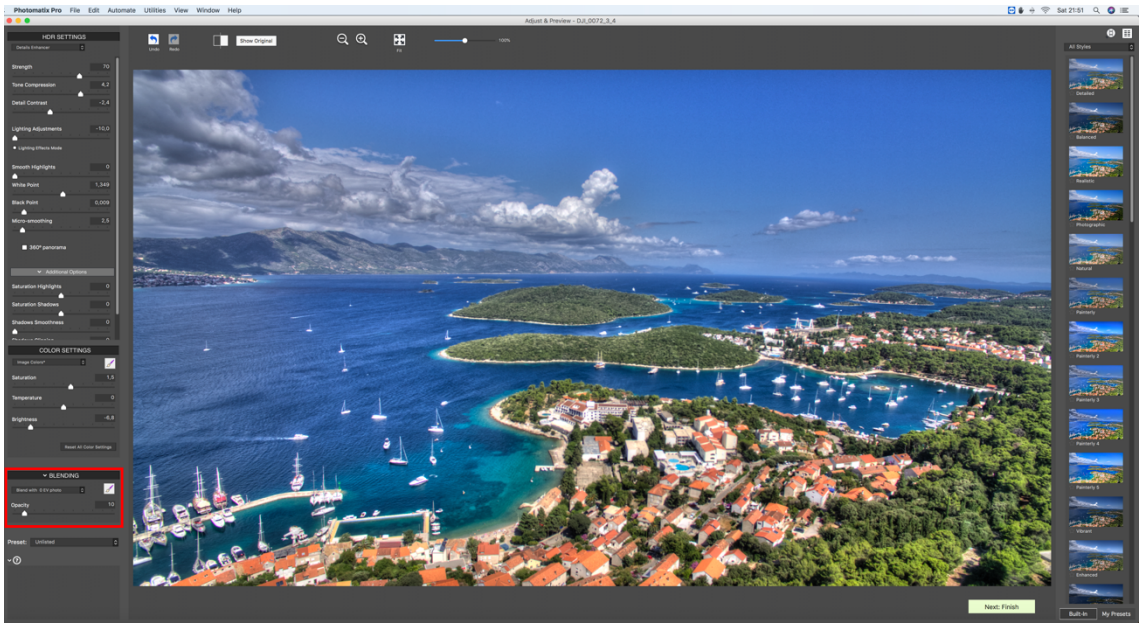
Kao što je ranije spomenuto, za izradu pravog HDR-a korištena je opcija AEB (*Auto Exposure Bracketing*) koja se nalazi u izborniku DJI GO aplikacije za upravljanje dronom i kamerom. Na ovaj način dobivena su tri RAW + JPEG zapisa. Za potrebe ovog rada, za izradu pravog HDR-a, stapana su tri RAW zapisa, u programu Photomatix Pro, kao što je ranije prikazano na slici 40 i 41.

3.4.1 Photomatix Pro

Na slici 87 prikazane su tri različito eksponirane fotografije koje su stapane u Photomatixu, odnosno prikazani su JPEG zapisi korištenih sirovih formata. Na slici 88 prikazan je skoro finalni produkt stapanja te korištene postavke.



Slika 87. Tri različito eksponirane fotografije



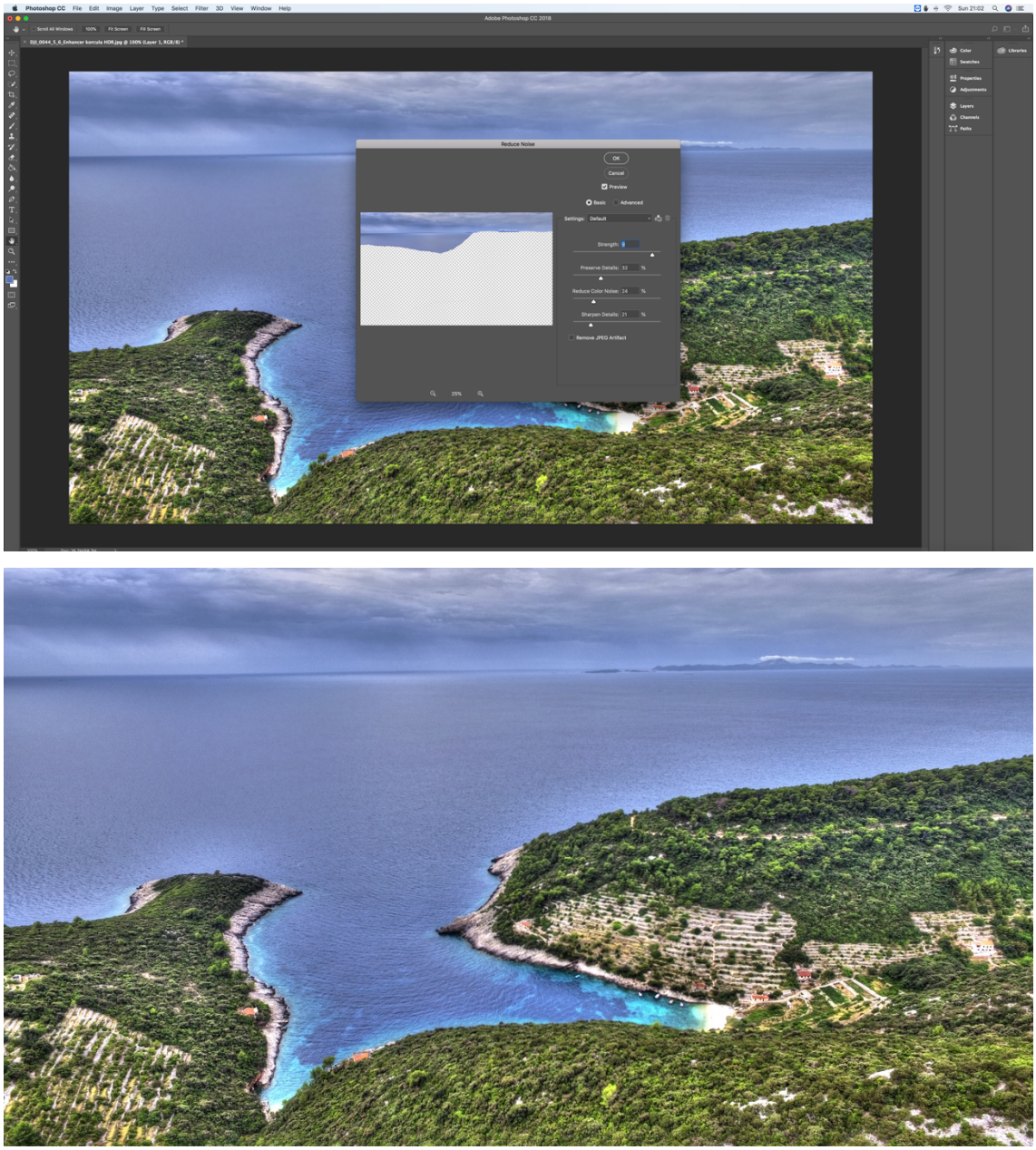
Slika 88. Tri različito eksponirane fotografije

U Photomatix Pro programu provedeno je tonsko mapiranje uz korištenje postavki kao kod izrade pseudo HDR-a, osim što sada nije bilo toliko potrebno naglašavati neke stvari poput boja i detalja pa je korištena opcija stapanja sa originalnim JPEG zapisom (*blending*). Na taj način može se ublažiti dramatični dojam koji je specifičan za fotografiju nastalu ovakvim postupkom. U tom izborniku (slika 88) možemo odabrati s kojom izvornom fotografijom (ekspozicijom) se stapa dobiveni produkt putem *opacity-a* odnosno prozirnosti gornje fotografije (tonski mapirane). Fotografijama je, kao i u slučaju izrade pseudo HDR-a, nakon tonskog mapiranja, u programu dodano malo oštrine i kontrasta u nekim dijelovima slike (slika 89). Na slici 90 prikazan je finalni produkt.

Slika 89. Dorada u Photomatix-u nakon tonskog mapiranja

Slika 90. Finalni produkt tonski tonskog mapiranja, pravi HDR

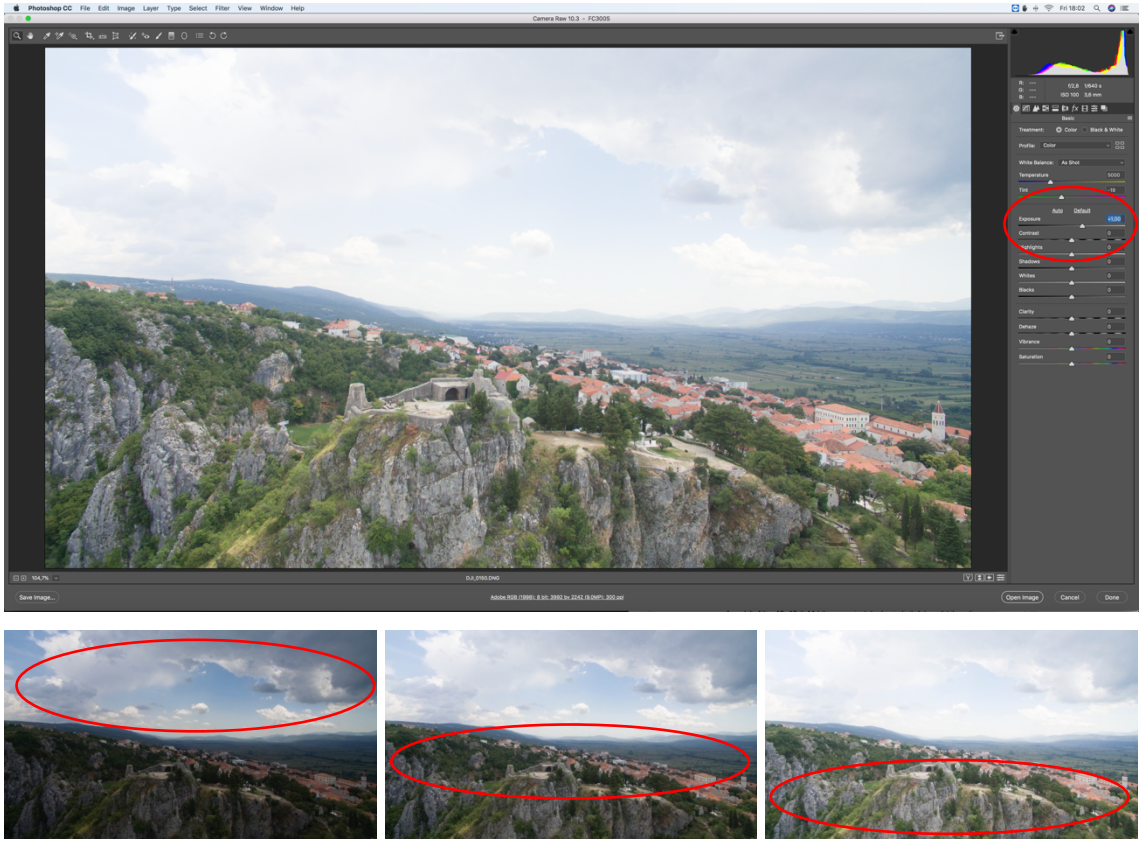
Ovakav zapis često ima manje šuma nego pseudo i lažni HDR, s obzirom da je u samom početku rađen iz većeg broja informacija, iskorištavajući puni potencijal senzora, stoga ponekad uklanjanje šuma nije potrebno. No za neke fotografije potrebne su manje korekcije u Photoshopu, poput ispravljanja boja i saturacije, svjetline, sjena, uklanjanja šuma i slično. Na slici 91 prikazano je djelomično uklanjanje šuma u Photoshopu sa već izrađene, tonski mapirane prave HDR-fotografije te finalni produkt obrade.



Slika 90. Uklanjanje šuma te finalni produkt tonski tonskog mapiranja, pravi HDR

3.5 Kombinirana tehnika

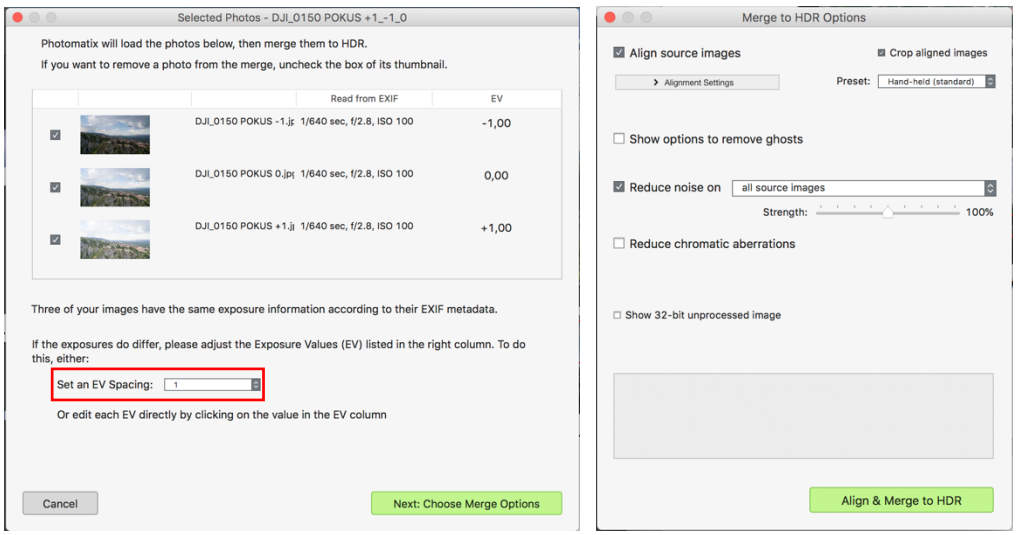
Što se tiče snimanja fotografija, ova tehnika spada u kategoriju pseudo HDR-a, s obzirom da se u osnovi snima jedan RAW zapis scene. No što se tiče procesa tonskog mapiranja, moglo bi se reći da je u pitanju pravi HDR. Ova tehnika kombinira proces snimanja pseudo HDR-a i tonskog mapiranja pravog HDR-a, a ideja iza svega je da se jedan sirovi zapis prije tonskog mapiranja prvo otvori u programu poput Photoshopa te se spremi u tri različite ekspozicije, kao što je prikazano na slici 91. Ovo funkcionira na način da se otvori sirovi zapis scene (ispravno eksponirani) te se manipuliranjem vrijednosti za ekspoziciju dobije ono što je u osnovi rezultat procesa *bracketinga* u kameri. Za potrebe ovog rada, vrijednosti su iznosile +1,0,-1, što znači da je razlika u EV vrijednosti iznosila 1, odnosno kada bi se ovaj postupak odvijao u kameri, namjestili bi na vrijednost bracketinga EV 1. Na slici su također prikazane tri dobivene ekspozicije te je na svakoj slici otprilike označeno područje koje ta ekspozicija pokriva.



Slika 91. Izrada različitih ekspozicija, prikaz područja koje pokrivaju

Kada se otvaraju ovakve „neprirodno“ nastale ekspozicije u Photomatixu, on će upozoriti kako sve tri fotografije imaju iste informacije o ekspoziciji, prema njihovim EXIF podatcima. No moguće je ručno odabrati stupanj ekspozicije u izborniku niže, ali također i ručno unijeti vrijednost ekspozicije za svaku sliku, direktno u stupcu u kojem su navedene (slika 92). Nakon klika na *Next:Choose Merge Options* (odabir opcija spajanja), pojavit će se novi izbornik koji nudi opcije poput uklanjanja *ghostinga,* šuma, kromatskih aberacija i slično. Poželjno je da je opcija *Align source images* uvijek uključena, kao i *Crop aligned images,* ali to ima više smisla kod pravog HDR-a, dok u ovom procesu ne igra nekakvu ulogu u dobivanju finalnog produkta.

S obzirom da se zapravo ne stapaju tri različite fotografije, već tri ekspozicije dobivene iz jedne, opcija za uklanjanje *ghostinga* nije potrebna jer do *ghostinga* neće niti doći u ovom slučaju (slika 92). No opciju *Reduce noise* poželjno je koristiti jer ona služi za uklanjanje šuma, a moguće je odabrati između uklanjanja šuma na svim slikama, podeksponiranoj i normalnoj te preeksponiranoj. Za potrebe ovog rada, korištena je opcija za uklanjanje šuma na svim originalnim slikam, iako opcije poput uklanjanja *ghostinga* i šuma u određenoj mjeri utječu na kvalitetu finalne fotografije, odnosno smanjuju njezinu veličinu jer dolazi do manjeg gubitka informacija, no to je zanemarivo s obzirom da je gotovo svim fotografijama trebalo uklanjati šum zbog nedostatka korištenog senzora.



Slika 92. Izrada različitih ekspozicija, prikaz područja koje pokrivaju

Na slici 93 prikazan je finalni produkt bez dodatne obrade. Moguće bi bilo u Photoshopu još dodati malo svjetline ili ukloniti dio šuma iz oblaka, no na slici 93 prikazana je tonski mapirana fotografija bez dodatne obrade kako bi se mogla lakše usporediti sa slikom 94 na kojoj se nalazi, istom tehnikom i uz iste postavke, tonski mapiran zapis nastao iz istog sirovog formata, tehnikom pseudo HDR-a.

Slika 93. Kombinirana tehnika (pseudo i pravi HDR)

Slika 94. Tehnika pseudo HDR-a

3.6 Autorske fotografije

Na slikama 95 - 126 su prikazane sve autorske fotografije dobivene tonskim mapiranjem u Photomatix-u te obradom i ispravljanjem grešaka u Photoshopu. Prikazan je originalan JPEG zapis nastao u zapisom u dronu te obrada RAW zapisa tehnikama izrade pseudo, pravog i kombiniranog HDR-a.

Slika 95. Autorska fotografija, originalni JPEG zapis

Slika 96. Autorska fotografija, pravi HDR

Slika 97. Autorska fotografija, pseudo HDR

Slika 98. Autorska fotografija, originalni JPEG zapis

Slika 99. Autorska fotografija, pravi HDR

Slika 100. Autorska fotografija, pseudo HDR

Slika 101. Autorska fotografija, originalni JPEG zapis

Slika 102. Autorska fotografija, pravi HDR

Slika 103. Autorska fotografija, pseudo HDR

Slika 104. Autorska fotografija, originalni JPEG zapis

Slika 105. Autorska fotografija, kombinirani HDR

Slika 106. Autorska fotografija, pseudo HDR

Slika 107. Autorska fotografija, originalni JPEG zapis

Slika 108. Autorska fotografija, pseudo HDR

Slika 109. Autorska fotografija, originalni JPEG zapis

Slika 110. Autorska fotografija, pseudo HDR

Slika 111. Autorska fotografija, originalni JPEG zapis

Slika 112. Autorska fotografija, pseudo HDR

Slika 113. Autorska fotografija, originalni JPEG zapis

Slika 114. Autorska fotografija, pseudo HDR

Slika 115. Autorska fotografija, originalni JPEG zapis

Slika 116. Autorska fotografija, pseudo HDR

Slika 117. Autorska fotografija, originalni JPEG zapis

Slika 118. Autorska fotografija, pseudo HDR

Slika 119. Autorska fotografija, originalni JPEG zapis

Slika 120. Autorska fotografija, pseudo HDR

Slika 121. Autorska fotografija, originalni JPEG zapis

Slika 122. Autorska fotografija, pseudo HDR

Slika 123. Autorska fotografija, originalni JPEG zapis

Slika 124. Autorska fotografija, pseudo HDR

Slika 125. Autorska fotografija, originalni JPEG zapis

Slika 126. Autorska fotografija, pseudo HDR

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1 Tehnika snimanja i izrade

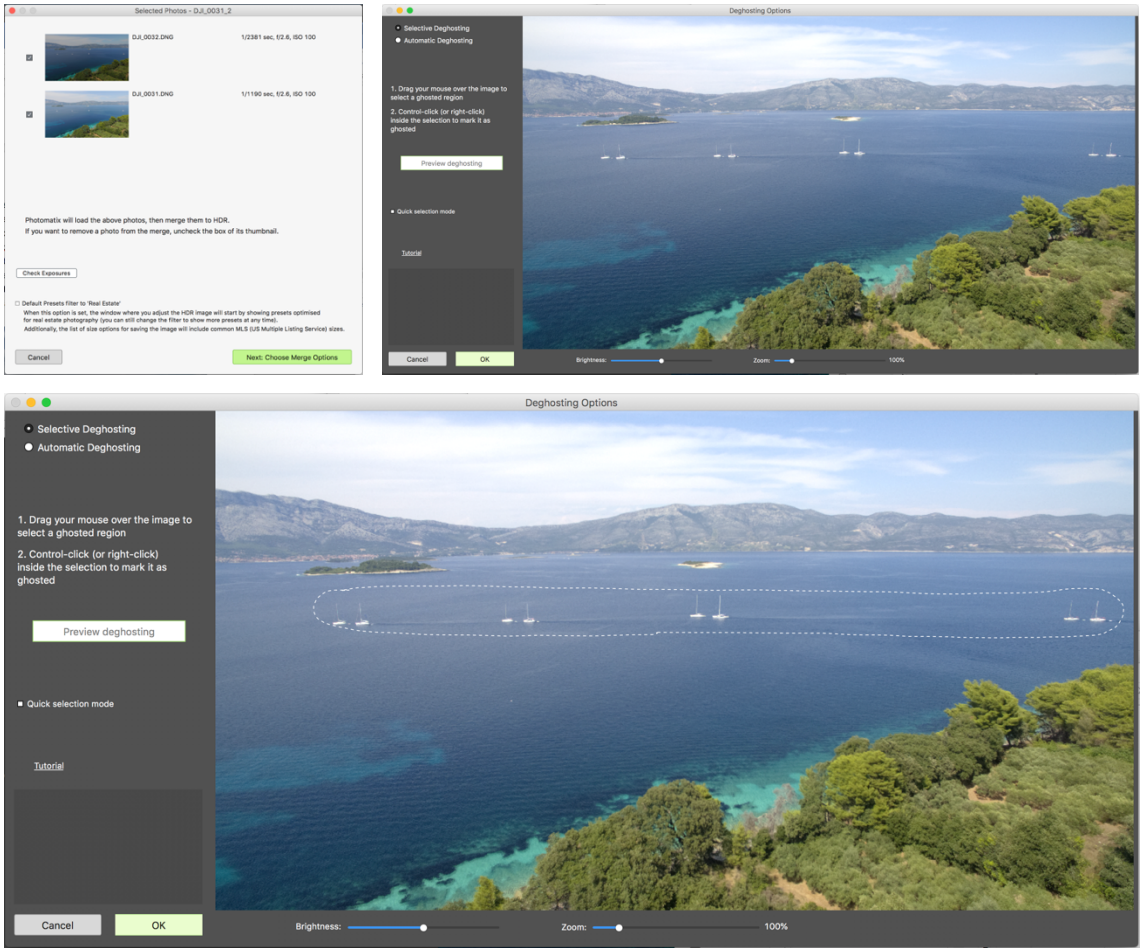
U osnovi, iza svih tehnika i svih finalnih rezultata u ovom radu, nalazi se isti senzor iste integrirane kamere drona DJI Phantom 3 Advanced. Proces upravljanja dronom je isti za svaku tehniku, no proces odnosno tehnika snimanja razlikuje se za tehniku pravog i pseudo/kombiniranog HDR-a. Iako se u osnovi pseudo i kombinirani HDR snimaju istom tehnikom, kasnija obrada je drugačija. Kao što je spomenuto, finalni rezultati mogu biti onoliko dobri koliko je kvalitetan senzor fotoparata, no na rezultate uvelike utječe i poznavanje svojstava senzora te kako ga iskoristiti. Još jedan faktor koji nosi veliku ulogu u izgledu i kvaliteti konačnih rezultata je vještina u procesu dorade i tonskog mapiranja.

Što se tiče procesa snimanja, kao što je ranije spomenuto, snimanje u jednom RAW formatu ima mnoge prednosti. Ne samo da je sam proces brži već i zauzima manje memorije što eliminira potrebu za upotrebom većih kapaciteta ili češćim mijenjanjem i pražnjenjem kartica. Fotografija dronom ima jedno ograničenje koje tradicionalna fotografija nema, a to je ograničeno vrijeme drona u zraku, odnosno vremenski period u kojem možemo snimiti željene fotografije. Upravo iz tog razloga poželjno je da proces spremanja i snimanja fotografija što kraće traje, a kod snimanja više ekspozicija i procesa *bracketinga* u RAW formatu, kao što je ranije spomenuto, može doći do blokiranja kamere. Ukoliko se snimaju, recimo, tri ekspozicije za redom, a koristi se postavka RAW + JPEG, što znači da za svaku ekspoziciju dron sprema jedan sirovi i jedan JPEG zapis, može doći do blokiranja međuspremnika te izostanka fotografije koja je trebala biti snimljena.

Još jedan od potencijalnih problema kod snimanja pravog HDR-a je i, ranije spomenuto, pomicanje kamere između *brakcetinga*, zbog vjetrovitih uvjeta. To izaziva pojavu tzv. *ghostinga* te kasnije može otežati proces tonskog mapiranja, odnosno, stapanja više ekspozicija u jednu, kao što je prikazano na slici 127 te slici 44 (ranije u radu).

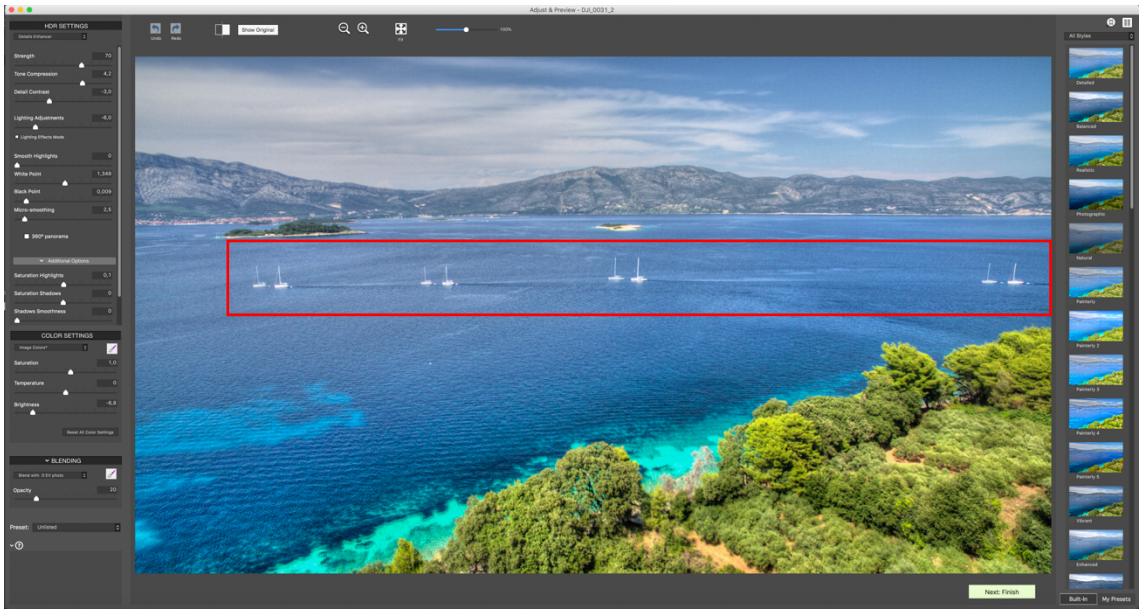
4.2 Proces obrade i tonskog mapiranja za različite HDR tehnike

Rezultati tonskog mapiranja će svakako biti bolji ukoliko postoji mogućnost snimanja 3 ekspozicije iste scene, bez prevelikih pomaka, a današnji dronovi imaju i vrlo dobru stabilizaciju te brze okidače koji ne zahtijevaju puno vremena i čekanja za snimanje nekoliko ekspozicija. No, za potrebe ovog rada bilo je potrebno koristiti JPEG + RAW opciju radi kasnije usporedbe ova dva formata, što znači da bi dron prilikom svakog AEB snimanja trebao u vrlo kratkom trenutku snimiti i spremiti 3 RAW i 3 JPEG zapisa. To je proces koji može usporiti kameru drona, a zbog toga dolazi preskakanja ili manjeg pomicanja uslijed vjetra, ali dovoljno da se je na fotografiji to vidljivo . Kao što se može vidjeti na desnoj strani slike 127, dron se zablokirao pa nije niti bio u mogućnosti fotografirati treću (preeksponiranu) fotografiju.



Slika 127. Pojava ghostinga uslijed pomicanja drona te njegovo uklanjanje

Prilikom procesa tonskog mapiranja, kada se odabere opcija za uklanjanje šuma (*remove ghosts*, prikazano u radu na slici 43) , otvaraju se izbornici za uklanjanje pomicanja. Kao što je vidljivo na slici, postoji opcija za automatsko uklanjanje pomicanja, na način da se odabere fotografija na kojoj će se temeljiti sadržaj scene, ali postoji i opcija za selektivno uklanjanje pomicanja. Ova opcija nudi mogućnost da se ručno označi područje pomicanja odnosno *ghostinga.* S obzirom da je jasno vidljivo kako je *ghosting* najviše pristan na području jedrilica (koje su jedini stvarno dinamičan dio ove scene), može se zaključiti kako se dron i nije mnogo pomaknuo uslijed vjetra nego kako je jednostavno bilo potrebno više vremena da se procesuira prethodni zapis, uslijed mogućeg preopterećenja međuspremnika, a za to vrijeme tog procesa jedrilice su se jednostavno pomaknule na moru, u smjeru svoje putanje (slika 128).

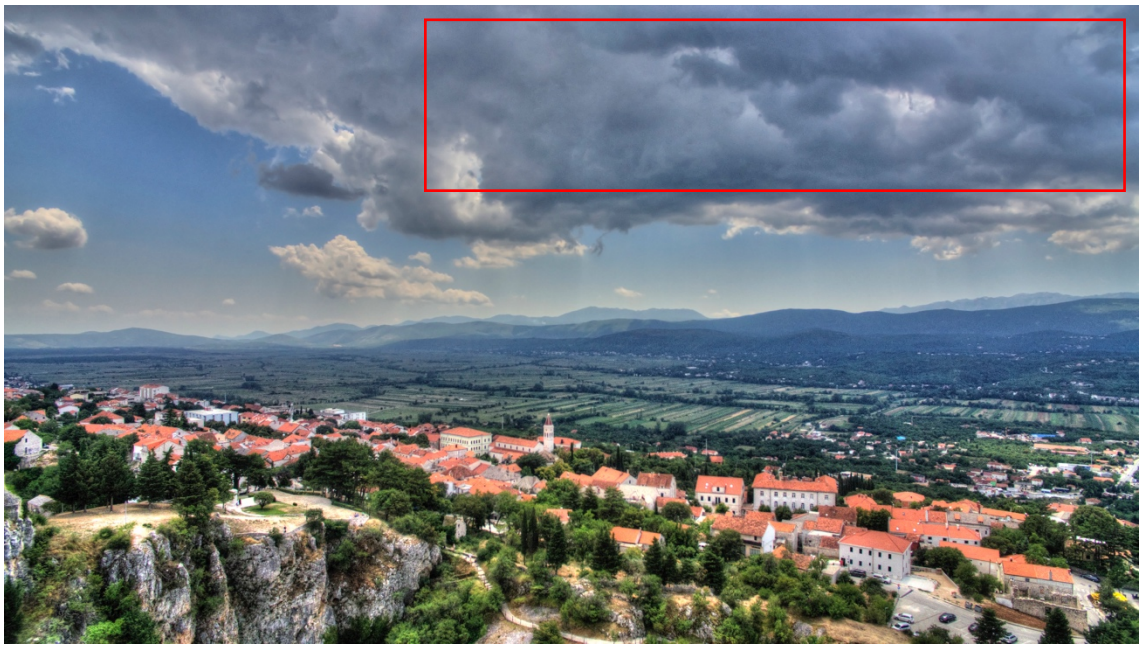


Slika 128. Rezultat nakon primijenjene opcije „remove ghosts“

Na slici 128 vidljivo je kako je opcija „remove ghosts“ uklonila pomaknuće, ukoliko je bilo prisutno, na planinama, otocima i kopnu, no na duplim jedrilicama koje se vide na slici, i dalje je jasno vidljivo da je došlo do pomaka koji Photomatix Pro ipak nije bio u stanju pravilno prepoznati kao *ghosting* ili otkloniti tehnikom ručnog ili automatskog *deghostinga.* Naravno da bi se ovakav problem mogao bez poteškoća riješiti dodatnom obradom u Photoshopu no samim time i proces

izrade ovakve fotografije će trajati duže. No prednost prave HDR fotografije je to što možda zahtijeva manje dodatne obrade poput uklanjanja šuma u Photoshopu ili isticanja detalja jer je u samom početku prisutan veći broj informacija u sceni.

Iz navedenih razloga, upotreba pseudo HDR fotografije čini se idealna za fotografiju dronom, pogotovo danas, kada su senzori integriranih kamera DJI dronova napredovali daleko više od kamere i drona koji je korišten za snimanje fotografija u ovome radu. Kamera DJI Phantoma 3 Advanced koji je korišten ovdje ima 1/2.3“ CMOS senzor od 12.4 MP dok novi Phantom 4 Pro već ima kameru od 20 MP sa 1“ CMOS senzorom . Većina suvremenih fotoaparata danas ima senzore od 20 MP i više, a nedostatak jačine senzora slabije kamere drona očituje se u pojavi šuma na fotografijama (slika 67 i 129), koji se u postupku tonskog mapiranja naglašava. Senzori kamera većine aktualnih DJI dronova danas, dovoljno su jaki da podržavaju snimanje u sirovom formatu i kasnije dobivanje dobrih rezultata. Finalni rezultati vrlo lako mogu konkurirati pravom HDR-u, a proces je mnogo brži i jednostavniji. Ukupno je potrebno manje memorije za spremanje podataka, manje vremena prilikom fotografiranja, ali i manje vremena za kasniju obradu. Manje greške, šumovi, i gubitci mogu se lako popraviti u Photoshopu, što niti ne zahtijeva puno vremena.



Slika 129. Šum pojačan prilikom procesa tonskog mapiranja

Što se tiče kombinirane tehnike, ona je za izradu i snimanje jednostavna kao i pseudo HDR, s obzirom da ona u osnovi i je pseudo HDR. Ideja je ta da se iz jednog sirovog zapisa spreme tri različite ekspozicije koje oponašaju ono što bi se dobilo korištenjem *bracketinga* u dronu. Upravo zbog ovog procesa, sama priprema materijala potrebnih za proces tonskog mapiranja je malo kompleksnija od obične pseudo HDR tehnike jer zahtijeva predobradu u programima poput Photoshopa (slika 130). Na ovaj način se iz jednog RAW zapisa umjetno kreiraju tri različito eksponirana zapisa iste scene, a nakon tog postupka može se krenuti sa stapanjem fotografija u Photomatixu. Proces je jednostavniji nego u slučaju izrade pravog HDR-a jer ne postoji mogućnost pojave *ghostinga,* što znači da je cijeli postupak nešto brži i jednostavniji. Ostatak tonskog mapiranja je jednak kao i za sve tri tehnike, koriste se skoro iste postavke te vrlo slični parametri.

Slika 130. Umjetno stvaranje različito eksponiranih zapisa iste scene

Ova tehnika je nešto duža prilikom pripreme materijala za tonsko mapiranje no vrijeme potrebno za dodatnu obradu i dobivanje finalnih rezultata je kraće i bliže pravom HDR-u. Većina dodatne obrade može se obaviti unutar samog Photomatixa, uz korištenje alata za izoštravanje, kontraste, svjetlinu, boje, rotaciju i slično. Ovom tehnikom dobivaju se nešto drugačiji rezultati od onih dobivenih pseudo HDR-om.

4.3 Ispravljanje grešaka u Photoshopu

Obrada pseudo HDR-a u Photoshopu, nakon tonskog mapiranja u Photomatixu, prikazana je ranije na slikama 77-86. Iz tog poglavlja može se zaključiti da dodatna obrada koja je ponekada potrebna pseudo HDR-u kako bi se ispravile manje greške, uklonio šum ili se djelomično tonski mapiralo, nije pretjerano komplicirana. S obzirom na karakteristike i limitacije korištenog senzora, čak i nekim pravim HDR fotografijama je, u manjoj mjeri, potrebno uklanjanje šuma. No fotografija nastala ovim senzorom je i dalje, nakon tonskog mapiranja u tehnici pseudo HDR-a, dovoljno kvalitetna kako bi se još mogla adekvatno uređivati u Photoshopu. Ovakva fotografija ne zahtijeva pretjerano kompliciranu obradu, a nakon što se uredu nekoliko fotografija, sam proces postaje i brži jer će korisnik ubrzo shvatiti točno koje radnje i akcije mora primijeniti u Photoshopu na fotografije. Ukoliko se uređuje serija fotografija sličnih uvjeta osvjetljenja i količine šuma, može se napraviti i preset u Lightroomu. Photoshop je odličan za dodatnu obradu jer omogućuje maskiranje pojedinih dijelova fotografije te isticanje izgubljenih detalja i pojačanje kontrasta u njima, kao što se vidi na slici 131, u čijem slučaju je konačni rezultat tonskog mapiranja dodatno obrađen kako bi se dobio bolji efekt i veći broj informaicija u nekim područjima poput neba i planina.

Slika 131. Uređivanje i uklanjanje šuma pojedinih dijelova slike

Također, uklonjen je šum sa onih dijelova gdje je to bilo potrebno. Na ovaj način mogu se ispravljati točno oni dijelovi s kojima korisnik nije zadovoljan te krajnji rezultat može biti poprilično konkurentan pravom HDR-u, a u nekim slučajevima i bolji, ovisno o temeljitosti i postupku dorade.

4.4 Vizualna analiza finalnih rezultata i korištenih tehnika

Tehnika snimanja fotografija, tonskog mapiranja, ali i obrade razlikuje se za svaku tehniku izrade HDR-a. Kombinirana tehnika i pseudo HDR imaju u osnovi isti način dobivanja snimljenih fotografija i zapisa, dok kombinirana tehnika i pravi HDR imaju sličan postupak stapanja fotografija prilikom tonskog mapiranja. No one se sve također razlikuju i vizualnim doživljajem finalnih rezultata. Svaka od ovih fotografija ima pomalo specifičan izgled, no nekada, ovisno o karakteristikama senzora, razlike su toliko male da je teško reći kojim je postupkom nastala fotografija.

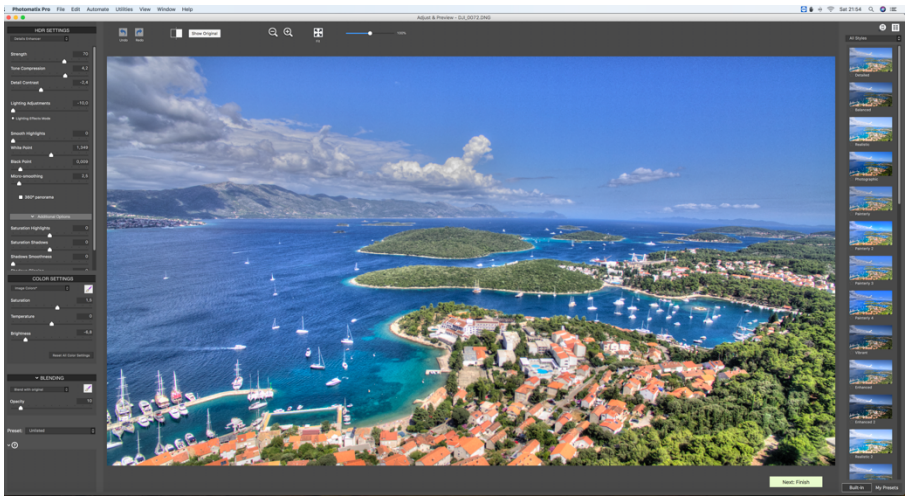
Odabir tehnike danas je podosta subjektivan, a isto tako i ukupni doživljaj HDR fotografija. Mnogi preferiraju produkte pseudo HDR fotografije jer je doživljaj „manje dramatičan“ dok je nekada to upravo ono što se želi postići. Sve ovisi o potrebi i namjeni, no definitivno se ne može osporiti kako pseudo HDR tehnika ima mnoge prednost nad ostalim tehnikama. Potrebno je manje vremena kako bi se snimio adekvatan zapis, manje memorije, ne dolazi do pojave *ghostinga,* a dorada fotografija je vrlo jednostavna. Također iz ove tehnike moguće je tonski mapirati načinom kombinirane tehnike što daje širok spektar rezultata i mogućnosti korištenjem odnosno snimanjem samo jednog sirovog zapisa.

Na slikama 132, 133 i 134 prikazana je ista scena dobivena različitim tehnikama tonskog mapiranja. Radi vjernije usporedbe, za svaku tehniku je proveden proces tonskog mapiranja uz korištenje potpuno identičnih postavki u Photomatixu (slika 135). Kako bi usporedba bila u potpunosti ispravna, niti jedan zapis, nakon tonskog mapiranja, nije podvrgnut nikakvoj dodatnoj obradi u Photoshopu, odnosno bilo kojem programu izvan Photomatixa.

Slika 132. Pravi HDR

Slika 133. Kombinirana tehnika HDR-a

Slika 134. Pseudo HDR



Slika 135. Prikaz postavki korištenih u svrhu usporedbu tehnika

Za svaki zapis korištena je opcija *Painterly 3,* uz jačinu *(strength)* od 70, kompresiju tona *(tone compression)* 4.2 te kontrast detalja *(detail contrast)* -2.4. Svi ostali parametri do postavki za boje su ostavljeni kako je predviđeno a ovaj preset. Što se tiče boje, zasićenost (*saturacija*) iznosi 1.5 dok je svjetlina (*brightness*) -6.8. Primijenjena je i opcija stapanja s originalom gdje je prozirnost stapanja (opacity) iznosila 10. Ove postavke su birane tako da odgovaraju za sve tri tehnike, a vizualne razlike u finalnom produktu su i dalje vidljive.

Jasno je, na prvi pogled, kako pravi HDR sadrži veću količinu informacija s obzirom da je prisutno više kontrasta u sceni, pogotovo u nebu i oblacima. Generalni doživljaj pravog HDR-a naspram ostalih tehnika je da je slika nekako tamnija. Kombinirana tehnika je dala vrlo slične rezultate pravom HDR-u, također djeluje tamnije od pseudo HDR-a i s nešto više kontrasta u oblacima, no ipak se čini kao da je nezamjetno manje zasićena od pravog HDR-a. Ova karakteristika može se primijetiti u desnom gornjem kutu gdje je izražena plava boja neba. Na svim fotografijama, najviše šuma je prisutno u tom dijelu neba, ali u različitim količinama. Pseudo HDR vizualno odskače od doživljaja prethodnih dviju tehnika, no ne nužno loše. Boje su nekako žarkije i manje je kontrasta prisutno u oblacima. Trebalo bi provesti uklanjanje šuma na određenim dijelovima fotografija, poput neba, no upravo zbog pojačane svjetline u području neba, koja je možda pridonijela i pojačanom šumu, cjelokupni doživljaj na fotografiji je pomalo vedriji.

5. ZAKLJUČAK

Paralelno uz razvoj tehnologije tradicionalnih fotoaparata i kamera, razvijaju se i integrirane kamere drona. Ovakve kamere sadrže svu dostupnu tehnologiju integriranu u male senzore i objektive, s obzirom da je cilj postići što više suvremene kvalitetne tehnologije u što manjem i lakšem uređaju. Područje dron tehnologije relativno je mlado i krenulo se naglo razvijati pa tako i mogućnosti koje nude dronovi i ovakva vrsta zračne fotografije imaju prostora za razvoj, nove ideje i tehnologije. S obzirom na kvalitetan senzor koji se nalazi u ugrađenim kamerama današnjih dronova, dostupne su razne mogućnosti u snimanju i kasnijoj obradi fotografije, a prije svega mogućnost snimanja u sirovom zapisu. Upravo sirovi zapis pruža mogućnost korištenja punog dinamičkog raspona senzora odnosno spremanje većeg broja informacija o sceni. Scena snimana dronom je specifično širokog dinamičnog raspona s obzirom da se dronovima snima i s velikih visina pri većim brzinama i različitim uvjetima što znači da se u kratkom roku može izmijeniti puno informacija u kadru. Kao što je u radu spomenuto, dinamički raspon je odnos između najtamnijeg i najsvjetlijeg dijela scene ili slike. Najveći dinamički raspon scene je onda kada imamo najsvjetliju točku u nebu, poput sunca ali i najtamniju negdje u sjeni daleko na tlu, a ovakvi kadrovi su karakteristični za fotografiju dronom.

Što se tiče tehnike snimanja i izrade HDR-a, svakako se može zaključiti kako je prilikom samog snimanja mnogo jednostavnije snimiti jedan RAW zapis nego tri ili više uzastopna, različito eksponirana *(bracketing)* zbog spomenute pojave prepunjenja i blokiranja međuspremnika. Kao što je prikazano u radu, ova pojava može dovesti do prevelikog vremenskog razmaka između dvije uzastopne ekspozicije, odnosno fotografije, što može uzrokovati pomicanje drona uslijed vjetra ili pomicanje dinamičnog djela scene u tom vremenskom periodu, a to uzrokuje pojavu *ghostinga*, kao što je prikazano na slikama 127 i 128. Ova pojava se kasnije može ukloniti u softveru za tonsko mapiranje, kao što je također prikazano na slikama no to znači i smanjenje kvalitete finalne slike te nešto duži proces obrade i cjelokupnog tonskog mapiranja.

Prednosti snimanja u jednom RAW zapisu su neosporive i mnoge. Kamera drona korištenog u ovom radu imala je malo slabiji senzor od onih koji se danas nalaze u novim DJI dronovima, a to je uzrokovalo nešto veću pojavu šuma prilikom tonskog mapiranja, no to se može vrlo lako i jednostavno ukloniti obradom u Photoshopu. Današnji DJI dronovi imaju kamere sa senzorima i lećama konkurentnima najkvalitetnijim DSLR i mirrorless fotoaparatima što znači da će upotreba pseudo HDR tehnike, odnosno snimanja u jednom RAW zapisu svakako davati i bolje rezultate.

Pored činjenice da je sam proces snimanja u jednom sirovom zapisu brži, jednostavniji i zahtijeva manje memorije, treba se osvrnuti i na drugu mogućnost koju ovakav zapis daje, a to je izrada tehnike koja je za potrebe ovog rada prozvana „kombiniranom tehnikom“. Osim što se može tonski mapirati jedan sirovi zapis kroz tehniku pseudo HDR-a, moguće je i predobradom u Photoshopu iz ovakvog zapisa dobiti tri „umjetno“ različito eksponirane fotografije koje se tada podvrgavaju procesu tonskog mapiranja u programima poput Photomatix Pro-a. Ova tehnika, iako procesno slična izradi pravog HDR-a, zapravo spada pod tehniku pseudo HDR-a, s obzirom da se u osnovi snima i radi sa samo jednim sirovim zapisom scene. Prema vizualnoj analizi provedenoj u praktičnom dijelu, ovakva tehnika daje rezultate koji su veoma konkurentni pravom HDR-u, na prvi pogled teško je reći razliku. Jedna od primjetnijih razlika, kada se fotografija promatra s uvećanjem, je prisutnost veće količine šuma i pojava zrnatosti u finalnom produktu ove tehnike, što je posljedica nedostatka samog senzora. Ovakva fotografija je prvo predobrađena u programu poput Photoshopa kako bi se sirovi RAW zapis translatirao u tri različito eksponirana JPEG zapisa, a zatim se ova tri zapisa tonski mapiraju u jedan, što je proces koji svakako može utjecati na kvalitetu i pojačanu pojavu šuma jer se kroz svaki od ovih koraka malo smanjuje količina informacija i kvaliteta slike.

Na fotografijama 95 - 126 mogu se vidjeti primjeri pseudo HDR tehnika, kombinirane tehnike i pravog HDR-a u usporedbi s originalom. Jasno je vidljivo da je svaki finalni rezultat veliki odmak od originalnog JPEG zapisa koji je u dronu

sniman paralelno uz sirovi zapis (JPEG+RAW). Vrlo lako se može zaključiti kako je u svakoj fotografiji, nevezano uz tehniku, vraćen velik broj informacija izgubljenih iz scene uslijed nedostatka senzora, atmosferskih uvjeta i slično. Rezultati se najbolje mogu vidjeti u dijelovima scene poput udaljenih planina, oblaka, neba i sličnog, koji su na originalnoj fotografiji bili veoma slabo vidljivi, a tehnikom izrade HDR-a, djelomičnim tonskim mapiranjem i dodatnom obradom u Photoshopu vraćena je određena količina podataka u tim dijelovima. Ovo je rezultiralo klasičnim izgledom HDR fotografije, koji se opisuje kao pomalo „nerealan“ jer ljudsko oko, iako ima mnogo šiti dinamički raspon od senzora bilo kojeg fotoaparata, nije naviklo gledati fotografiju tako širokog dinamičkog raspona, intenzivnih boja i izraženih detalja.

Na fotografijama 95 – 126 može se vidjeti kako tehnika pseudo HDR-a daje vrlo kvalitetne finalne produkte te se uz vrlo malo dodatne obrade, kao što je prikazano na slikama 77-79, mogu postići zadovoljavajući rezultati. Prednosti ove tehnike su brojne, kao što je do sada navedeno, osim samog procesa snimanja, koji je mnogo jednostavniji i brži od procesa snimanja pravog HDR-a, sam postupak tonskog mapiranja i obrade, nije mnogo kompliciraniji od pravog HDR-a. Čak bi se moglo reći, ukoliko se uzme u obzir u nekim slučajevima potreban postupak uklanjanja ghostinga, kako je proces izrade pseudo HDR-a zapravo jednostavniji od procesa izrade pravog HDR-a. Uklanjanje šuma, u slučaju fotografija snimljenih i prikazanih u ovome radu, uslijed karakteristika senzora, bilo je potrebno i kod tehnike pravog HDR-a, a i kod kombinirane tehnike. Snimanje jednog sirovog zapisa dakle omogućuje klasično tonsko mapiranje koje producira tzv. pseudo HDR, ali i mogućnost da se provede tonsko mapiranje koje daje rezultate za kombiniranu tehniku. Kada se uzmu u obzir svi parametri koji sudjeluju u procesu od snimanja i izrade do finalnog produkta, može se donijeti zaključak kako je snimanje jednog sirovog zapisa u većini slučajeva vrlo dobro, ako ne i idealno, rješenje za fotografiju dronom.

Ono što je također veoma bitno za fotografiju dronom generalno je poznavanje vlastitog drona, njegove kamere, mogućnosti i limitacija, korištenje adekvatne

dodatne opreme te poštivanje zakona i pravilnika za let. Do sada se analizirao proces snimanja i izrade fotografija no ono što je jednako bitno je i kako dron pravilno i sigurno održati u zraku te proces fotografiranja učiti što jednostavnijim i kvalitetnijim. Važno je imati svu dodatnu opremu koja osigurava dron od štete sebi, ali i štete drugima, kao što je padobran, bez kojega nije moguće niti dobiti dozvolu. Za neke letove potrebno je tražiti dozvolu, za neke nije, ali preporuča se svaki let bilježiti te imati odgovarajuće papire i dozvole za letjelicu kako ne bi došlo do problema prilikom snimanja i fotografiranja. Postoje i određena označena područja iznad kojih se smije odnosno ne smije letjeti. Područja su podijeljena u kategorije, no iznad i pored nekih objekata se jednostavno ne smije nikako letjeti, poput aerodroma. Kod odabira scene dobro je birati let iznad nenaseljenih ili područja manje gustoće naseljenosti, polja ili čistina. Osim što je to prema zakonu pravilnije, dron će imati više signala i komunikaciju sa većim brojem satelita ukoliko je oko njega manji broj prepreka, koje uključuju čak i drveće, zgrade te veće količine metala koje čak mogu i poremetiti njegov kompas.

Očekivano je da će u sljedećih nekoliko godina broj dronova u zraku porasti velikom brzinom. Ovo je posljedica činjenice da su dronovi danas sve dostupniji, jeftiniji, te je sve veći broj različitih modela na tržištu, a njihova se tehnologija razvija veoma velikom brzinom. Dronovi su se, za širu javnosti i amatersku upotrebu, na tržištu pojavili negdje oko 2013 godine, a *breakthrough* dron bio je prvi DJI-ev Phantom koji je mogao nositi Gu Pro kameru te je u roku od samo 5 godina napredovao je do veoma sofisticirane letjelice, koja danas ima iznimno kvalitetnu kameru te vrlo pouzdan softver i hardver koji omogućuje ugodan i siguran let te kvalitetne snimke. Tehnologija dronova je relativno mlado područje koje je mnogo napredovalo u samo pet godina, a u sljedećih nekoliko godina brzina napretka i rasta ove tehnologije će se udvostručiti. Kako se razvija i sam dron, tako se razvija i kamera drona, paralelno sa razvojem tehnologije tradicionalnih fotoaparata, a danas je već moguće i upravljati zasebno letjelicom, a zasebno integriranom kamerom što omogućuje snimanje i izradu još kvalitetnijih fotografija i snimaka s obzirom da se jedan korisnik može fokusirati samo na izradu fotografija i snimanje, a ne i na upravljanje letjelicom.

6. LITERATURA

1. http://www.ccaa.hr/hrvatski/naslovnica_1/, 26.7.2018
2. Aerial Photography and Videography Using Drones, dostupno na: http://aerialphotographybook.com/
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Aerial_photography, 1.8.2018
4. https://store.dji.com +
5. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016_07_70_1666.html, 4.8.2018
6. http://www.dronovi.hr/zakon-o-dronovima.html, 4.8.2018
7. Aron Asadi, Drones-The-Complete-Manual-The-essential-handbook-for-drone-enthusiasts 2016, dostupno na: http://libgen.io/
8. http://www.droneomega.com/types-of-drones/, 6.8.2018
9. https://filmora.wondershare.com/drones/types-of-drones.html, 7.8.2018
10. The-Photographer-s-Guide-to-Drones, dostupno na: http://libgen.io/
11. Mikota, M. Kulčar, R., Jecić, Z., Digitalno snimanje u području primijenjene i umjetničke fotografije, 9. Međunarodno savjetovanje tiskartstva, dizajna i grafičkih komunikacija Blaž Baromić – Zbornik radova. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, 79-86 (2005).
12. Ang T. (2013): Digital Photography Masterclass, DK ADULT; Reprint edition, dostupno na: http://libgen.io/
13. Mikota, M., HDR fotografija – novi izazovi u realizaciji i reprodukciji fotografske slike. 15. međunarodna konferencija tiskarstva, dizajna I grafičkih komunikacija Blaž Baromić – Zbornik radova. Zagreb: Hrvatsko društvo grafičara, 88-98 (2011).
14. http://en.wikipedia.org/wiki/JPEG ; JPEG, 10.08.2018
15. http://en.wikipedia.org/wiki/Raw_image_format; Raw image format, 10.08.2018
16. https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Negative, 17.8.2018
17. Ferrel McCollough, Complete guide to High Dynamic Range photography, Lark Books, a division of Sterling Publishing Co., New York, 2008., dostupno na: http://libgen.io/

18. The Digital Photography Book Volume 3, Scott Kelby, Peachpit Press, New York, 2010., 16.7.2016
19. https://fstoppers.com/aerial/what-are-best-settings-drone-photography-171419, 20.8.2018
20. https://store.dji.com/guides/aerial-photography-tips-how-to-make-best-drone-photos/ 21.8.2018
21. https://store.dji.com/guides/11-tips-drone-photography/ 21.8.2018
22. The-Future-of-Drone-Use-Opportunities-and-Threats-from-Ethical-and-Legal-Perspectives, dostupno na: http://libgen.io/