

# Sučelje za implementaciju stvarnih dronova u simulatoru

---

Stojčević, Stjepan

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Mathematics / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za matematiku**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:126:232202>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-27**



Repository / Repozitorij:

[Repository of School of Applied Mathematics and Computer Science](#)



Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku  
Odjel za matematiku  
Sveučilišni preddiplomski studij matematike i računarstva

Stjepan Stojčević

**Sučelje za implementaciju stvarnih dronova u  
simulator**

Završni rad

Osijek, 2022.

Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku  
Odjel za matematiku  
Sveučilišni preddiplomski studij matematike i računarstva

Stjepan Stojčević

**Sučelje za implementaciju stvarnih dronova u  
simulator**

Završni rad

Mentor: doc. dr. sc. Domagoj Ševerdija

Osijek, 2022.

# Interface for implementing real drones in the simulator

## Sažetak

Dronovi su jedna od najnovijih vozila i prijevoznih sredstava današnjice. Njihova potpuna upotreba se još uvijek otkriva. Trenutno se koriste u dostavi paketa, snimanju zanimljivih videozapisa i fotografija, koriste se u vojne svrhe, pa čak i u poljoprivredi. Dronovi postaju sve pristupačniji pa ih mlađa populacija koristi i u svrhu zabave pa se oni najспособniji koji nauče brzo i precizno letjeti natječu i na brojnim natjecanjima što pokazuje veliku zainteresiranost populacije za dronove. U slučaju lošeg vremena, nedostatak fizičkog drona ili jednostavno želja za vježbaljem postoje brojni simulatori vožnje drona sa stvarnim letnim karakteristikama gdje korisnici mogu uvježbavati svoje vještine. U slučaju pogreške pri letu na simulaciji stvarna materijalna šteta ne postoji što nije slučaju pri letu sa stvarnim dronom.

## Ključne riječi

dron, let, simulator

## Abstract

Drones are one of the newest vehicles and transportation tools of today. Their full use is still being revealed. They are currently used in package delivery, shooting interesting videos and photos, they are used for military purposes and even in agriculture. Drones are becoming more accessible, so the younger population uses them for entertainment purposes, so the most capable who learn to fly quickly and accurately compete in numerous competitions, which shows the great interest of the population in drones. In case of bad weather, lack of a physical drone or simply a desire to practice, there are numerous drone driving simulators with real flight characteristics where users can practice their skills. In the case of a flight error on the simulation, there is no real material damage, which is not the case with the flight with the actual drone.

## Key words

drone, flight, simulator



# Sadržaj

|  |           |
|--|-----------|
| Uvod   | 1         |
| <b>1 O dronovima</b>                                     | <b>2</b>  |
| 1.1 Povijest   | 2         |
| 1.2 Upotreba   | 3         |
| 1.3 Sustav za komunikaciju                               | 4         |
| 1.4 Sustav za kontrolu leta                              | 5         |
| 1.5 Tijelo   | 6         |
| 1.6 Baterija   | 6         |
| 1.7 Motori   | 7         |
| 1.8 Propeleri  | 8         |
| 1.9 Osnovni fizikalni zakoni drona                       | 8         |
| 1.10 FPV   | 10        |
| 1.10.1 FPV dron  | 10        |
| 1.10.2 FPV naočale                                       | 10        |
| 1.10.3 Razlike u odnosu na konvencionalne dronove        | 12        |
| 1.10.4 Upotreba  | 13        |
| <b>2 Unity</b>   | <b>14</b> |
| 2.1 Izrada korisničkog sučelja                           | 14        |
| 2.2 Izrada okoline                                       | 15        |
| 2.3 Izrada drona   | 16        |
| 2.4 Mogućnost promjene karakteristika napravljenog drona | 17        |
| <b>3 Dokumentacija skripti</b>                           | <b>18</b> |
| 3.1 Propeleri  | 18        |
| 3.2 Cam Switch   | 18        |
| 3.3 Respawn  | 18        |
| 3.4 Skripta za kretanje                                  | 19        |
| <b>4 Korišteni dodatci u Unityu</b>                      | <b>22</b> |
| <b>5 Zaključak</b>                                       | <b>23</b> |
| Literatura   | 24        |
| Popis slika  | 25        |

## Uvod

Ovaj projekt izrađen je u Unity 3d alatu za izradu igara uz pomoć četiri C Sharp skripti. Sama radnja ove simulacije odvija se u jednoj sceni pod nazivom „GameScene“.

Pri pokretanju simulacije otvara se „Builder“. „Builder“ je canvas na kojemu korisnik može birati između dvije vrste propelera, dvije vrste motora i dvije vrste tijela drona. Korisnik odmah vidi kako izgleda njegova kombinacija i kada je zadovoljan pritisne tipku „Play“ pri čemu se „Builder“ makne i dron počinje letjeti.

Cjelokupno upravljanje drona vrši se pomoću skripte „Skriptazakretanje“. Naginjanjem drona upravlja se strelicama s tipkovnice ili sa slovima W, A, S i D. Kretanje prema gore, dolje, lijevo i desno korisnik vrši pritiskom slova I, J, K ili L na tipkovnici. Dron se pojavljuje na malom Terrainu popunjenim s drvećem, planinama i teksturama trave i kamena. Ako korisnik pokuša dronom izaći izvan Terraina pomoću skripte „Respawn“ bit će vraćen na sredinu samog Terraina.

U gornjem lijevom kutu ekrana korisnik pri samom letu može pomoću slidera na canvasu pod imenom „Tuneing“ mijenjati maksimalni nagib, maksimalnu snagu i masu drona koji se u istom trenutku počinje drugačije ponašati.

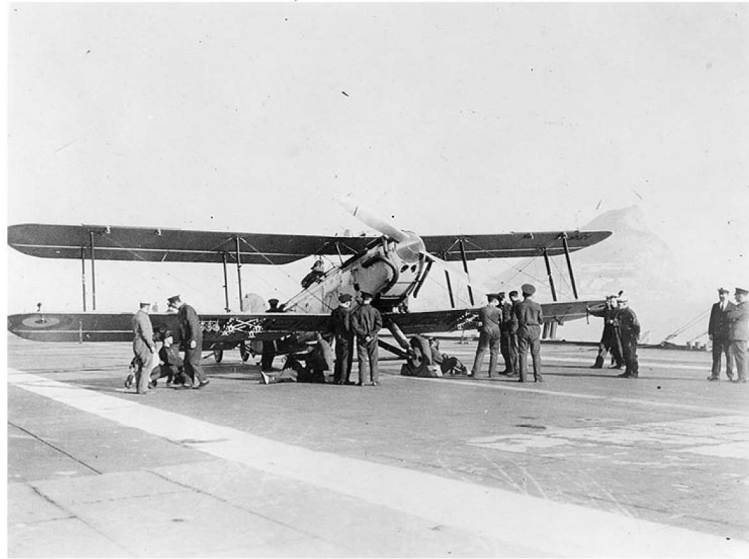
Canvas „Tuneing“ korisniku ne smeta za vožnju pošto je mal, smješten je u kutu i nije upadljivih boja.

Na taj način korisnik može imati cijeli ekran samo za letenje i tako može svu pažnju usmjeriti na sam let. Pritiskom broja 1 na tipkovnici dron događa se promjena kamere od kamere iz trećeg lica do kamere iz prvog lica, dok se pritiskom broja 3 događa suprotno. Na taj način korisnik može odabrati kako mu najbolje odgovara.

# 1 O dronovima

## 1.1 Povijest

Prve bespilotne letjelice stvorene su u prvoj polovici 20. stoljeća, izgledale su kao uobičajni ratni avioni i služili su kao meta za protuzračnu obranu. Prva bespilotna letjelica ikad stvorena nazvana je Fairey Queen IIIF, bila je duga 11 metara, a prvi put je poletila 1917. godine. Stvorena je u Engleskoj, a zanimljivo je da su neki njeni primjerci korišteni i u Drugom Svjetskom Ratu.



Slika 1 : Fairey Queen IIIF (prva bespilotna letjelica)

Dostupno na

[:\(https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d2/HMS\\_Furious-18.jpg\)](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d2/HMS_Furious-18.jpg)

1973. godine stvoren je prvi dron s mogućnošću emitiranja videosnimke uživo pod nazivom Tadiran Mastiff. Izumila ga je firma Tadiran Electronic Industries i smatra se prvim izviđačkim dronom.





Slika 2 : Tadiran Mastiff (prvi izviđački dron)

Dostupno na :([https://tvd.im/uploads/posts/2021/05/tadiran-mastiff\\_6.jpg](https://tvd.im/uploads/posts/2021/05/tadiran-mastiff_6.jpg))

Do početka 21. stoljeća bespilotne letjelice upotrebljavane su samo u ratne svrhe, ali kako je vrijeme prolazilo ljudi su počeli otkrivati sve mogućnosti koje im bespilotne letjelice mogu omogućiti i tako im olakšati život. 2013. godine dronovi su se koristili u oko 50 zemalja dok se danas procijenjuje da se koriste u svakoj državi. Trenutno samo u Hrvatskoj ima ukupno 2200 registriranih operatera dronova.

## 1.2 Upotreba

U današnje vrijeme dronovi su sve pristupačniji i stoga se sve više koriste za poslovne i individualne svrhe.

U filmskoj industriji koriste se za snimanje zahtjevnih scena i fotografiranje dok se u novinarstvu koristi za snimanje nekih događaja iz zraka i prijenos uživo. Zbog svoje jednostavne upravljivosti i pristupačnosti dron je uvelike zamijenio helikopter u ovoj industriji.

Dronovi se počinju upotrebljavati i u slučaju prirodnih katastrofa. Na primjer, nakon potresa dron u ruševinama može letjeti na malim prostorima te tako može pronaći unesrećene kamerom ili termalnim sensorima.

Dok ne dođu specijalci i oslobode unesrećene dron im može donijeti namirnice u slučaju da spašavanje potraje ili im može donijeti alat da se pokušaju osloboditi. Treća upotreba dronova je dostava paketa.

Dronovi se koriste za dostave na kraćim relacijama za male i lagane pakete, hranu, lijekovi itd. Najpoznatija kompanija koja koriste dronove za dostavu je Amazon.



Slika 3 : Dosatava paketa dronom

Dostupno na

[:\(https://static.independent.co.uk/s3fs-public/thumbnails/image/2020/09/01/15/amazon-drone-delivery-prime-air.jpg?width=1200&auto=webp&quality=75\)](https://static.independent.co.uk/s3fs-public/thumbnails/image/2020/09/01/15/amazon-drone-delivery-prime-air.jpg?width=1200&auto=webp&quality=75)

### 1.3 Sustav za komunikaciju

Ovisno o samoj veličini drona i udaljenosti na koje on odlazi stručnjaci određuju kakav sustav za komunikaciju je potreban. Za velike i kompleksne dronove koji lete dvadesetak kilometara od mjesta polijetanja potrebno je imati opremljenu kontrolnu stanicu dok je za male dronove dovoljan upravljač u rukama ili FPV naočale ako pričamo o FPV dronovima. Amaterskim dronovima namijenjenim zabavi pojedinaca moguće je upravljati mobilnim telefonom ili tabletom tako što se pomoću posebno aplikacije telefon spoji na Wi-Fi signal kojeg kreira dron.



Slika 4 : Upravljač drona

Dostupno na : (<https://www.dronethusiast.com/wp-content/uploads/2017/01/remote-control-phantom-3-feature-285x300.png>)

## 1.4 Sustav za kontrolu leta

Sustav za kontrolu leta služi za stabilizaciju i sinkronizaciju motora. Sustav za kontrolu leta uvijek ima žiroskop za izračun brzine promjene kuta.

Osim žiroskopa, može sadržavati i GPS kako bi se satelitski odredila lokacija samog drona. Dronovi sa žiroskopom mogu imati i barometar kako bi odredili trenutni tlak zraka pošto se dron drugačije kreće s promjenom tlaka.

Pojedini dronovi opremljeni su i senzorom za mjerenje udaljenosti kako bi se nepreciznosti dobivene barometrom i GPS-om ispravile. Autonomni dronovi sadrže senzor za mjerenje udaljenosti kako se ne bi sudarili u nekakav predmet. Ovakvi senzori funkcioniraju pomoću laserske tehnologije ili ultrazvučnih valova.

Postoje uređaji kojim je omogućeno da korisnik sam reprogramira sustave kontrole leta svog drona te ga tako prilagodi svojim potrebama. Jedan on takvih uređaja je Arduino mikrokontrolerska pločica.

Na tržištu postoje i specijalizirani mikrokontroleri za dronove s ugrađenim GPS uređajem. Jedan on najpoznatijih je Quadrino Nano,





Slika 5 : Mikrokontroler Quadrino Nano

Dostupno na :([https://www.robotshop.com/media/catalog/product/cache/image/1350x/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/1/y/lynxmotion-quadrino-nano-drone-uav-flight-controller-with-gps\\_3.jpg](https://www.robotshop.com/media/catalog/product/cache/image/1350x/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/1/y/lynxmotion-quadrino-nano-drone-uav-flight-controller-with-gps_3.jpg))

## 1.5 Tijelo

Tijelo drona mora biti lagano kako bi bila potrebna što manja snaga motora i kako bi baterija što duže trajala. Manji dronovi najčešće su građeni tako da je u sredini malo tijelo i na rubovima imaju smještene propelere dok su veći dronovi u obliku aviona.

Tijelo svakog drona mora biti dovoljno čvrsto kako bi izdržalo manje udarce i kako bi sve komponente ostale na okupu. Dronovi imaju više propelera pa tako postoje dronovi s tri ruke pod kutom od 120 stupnjeva, oni s četiri ruke pod kutom od 90 stupnjeva, a nešto rijedi su oni sa šest ili osam ruku. U upotrebi su najrasprostranjeniji dronovi s četiri ruke iliti Quadcopter jer podržava svaki oblik sistema za kontrolu leta. Takvi dronovi imaju motor na svakoj ruci, a mana je što pri otkazivanju jednog motora dron se urušava.

## 1.6 Baterija

Dronovi koriste litijske baterije zbog male mase i velikog kapaciteta. Kapacitet baterije se mjeri u amperima po satu ( Ah ).

Komercijalni dronovi bi trebali 15 minuta letjeti s jednom baterijom, stoga vlasnici dronova najčešće imaju više punih baterija spremnih koje lako mogu zamijeniti. Kapacitet baterije mora odgovarati motorima kako ne bi došlo do oštećenja samih motora.

Baterija je uvijek postavljena u središte drona zbog najboljeg raspodjela mase pošto je baterija komponenta drona s najvećom masom.

Proizvođači dronova odlučuju koliki je biti dovoljan kapacitet baterije da let bude dovoljno dug, a da dron nema preveliku masu zato što se povećanjem kapaciteta baterije masa drona znatno povećava.





Slika 6 : Promjena baterija na dronu

Dostupno na :(<https://photos5.appleinsider.com/gallery/40565-78203-DJI-FPV-Drone-Battery-xl.jpg>)

## 1.7 Motori

Odabir motor jedna je od najbitnijih stavki pri izradi drona. Specifikacije motora utječu na brzinu drona, njegovu maksimalnu nosivost i maksimalno trajanje leta. Manji dronovi imaju lagane električne motore, dok velike dronove pogone motori s unutarnjim izgaranjem. Glavne dvije karakteristike električnih motora su potisak i broj okretaja u minuti po voltu ( Kv ). Bitno je da je potisak uvijek veći od mase drona s teretom kako bi dron uopće mogao poletjeti. Na primjer, ako je masa drona 1kg poželjno je da je potisak 2kg.

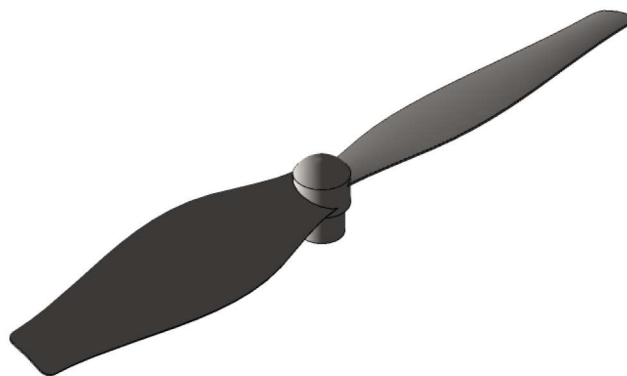


Slika 7 : Motor drona

Dostupno na :(<https://i.pinimg.com/originals/59/ae/e9/59aee9b5671cb5a1d825243808198026.jpg>)

## 1.8 Propeleri

Dronovi najčešće imaju dvije lopatice rotora, dok su nešto rijede u upotrebi oni s tri lopatice rotora. Promjer rotora utječe na let tako što ako je promjer rotora manji dron će biti manje trom, lakše će ubrzavati i usporavati pa se takvi rotori koriste za sportske i akrobatske dronove, dok se dronovi s rotorima većeg promjera kreću tromije i stvaraju veći potisak te tako teret koji nose može biti veće mase pa se takvi dronovi mogu koristiti u transportu.



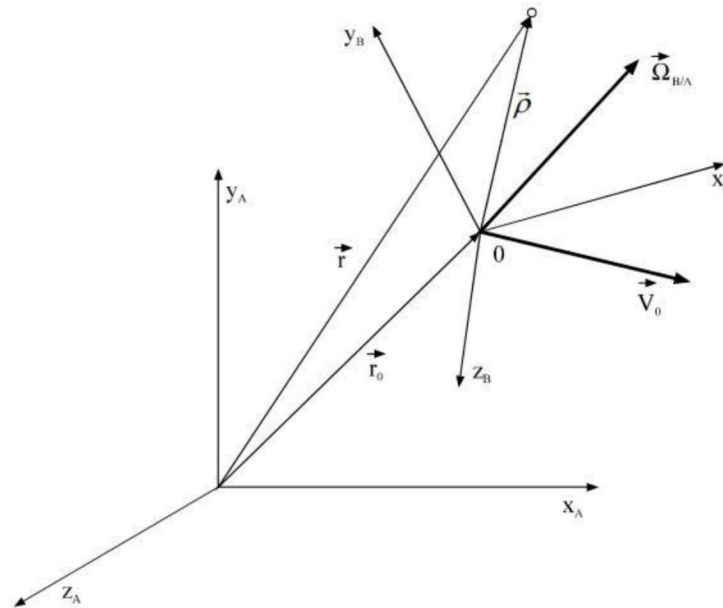
Slika 8 : Propeler drona s dvije lopatice

Dostupno na :(<https://d2t1xqejof9utc.cloudfront.net/screenshots/pics/dfd30cb1dd1b5f4e20db692c7db4929f/1large.png>)

## 1.9 Osnovni fizikalni zakoni drona

Model kvadrokoptera sa samo četiri motora ima mogućnost tri translacije, tri rotacije i šest stupnjeva slobode gibanja. Takva sustave nazivamo podaktuiranim. Modeliranje dinamike krutog tijela radi se u svrhu pronalaska diferencijalne jednačbe koje kao unos primaju vektor potisne sile i zakretnog momenta, a kao izlaz vraćaju položaj i orijentaciju.

Za potpuno shvaćanje principa leta drona bitno je naglasiti da razlikujemo dva osnovna koordinatna sustava. Apsolutni koordinatni sustav ne mijenja lokaciju ishodišta te se nalazi na površini Zemlje, dok se relativni koordinatni sustav s obzirom da se nalazi u središtu drona pomiče u odnosu na apsolutni koordinatni sustav.



Slika 9 : Apsolutni i relativni koordinatni sustav

Dostupno na :([https://www.fsb.unizg.hr/aero/meha\\_leta\\_knjiga.html](https://www.fsb.unizg.hr/aero/meha_leta_knjiga.html))

Vektor  $\vec{r}$  jednak je zbroju vektora lokacije relativnog koordinatnog sustava u odnosu na apsolutni koordinatni sustav i vektora pozicije točke 0 u odnosu na relativni koordinatni sustav. Vektorom  $\vec{r}$  opisana je lokacija točke 0 s obzirom na apsolutni koordinatni sustav. Kutna brzina drona na prethodnoj slici označena je vektorom  $\vec{\Omega}_{B/A}$ .

Izračun akceleracije točke 0 vršimo uz pomoć slijedeće formule  $a = a_p + a_k + a_r$ . U prijašnjoj formuli oznaka  $a_k$  označava Coriolisovo ubrzanje ( $a_k = 2\Omega V_r$ ) dok oznaka  $a_r$  označava relativno ubrzanje ( $a_r = p$ ). Oznakom  $a_p$  označeno je prijenosno ubrzanje koje se računa na sljedeći način :  $a_p = a_0^B + \epsilon p + \Omega\Omega p$ . U formuli za računanje prijenosnog ubrzanja  $a_0^B$  označava ubrzanje točke 0 oko koordinatnog sustava B odnosno u ovom slučaju to je relativni koordinatni sustav. Oznaka  $\epsilon p$  označava relativno translacijsko ubrzanje vektora  $p$  i oznaka  $\Omega\Omega p$  označava ubrzanje koje dolazi kao posljedica rotacije relativnog koordinatnog sustava. Slijedeća jednanžba opisuje osnovne inercijske sile :  $ma_r = R - ma_p = R - F_p - F_K$ . U ovoj formuli  $F_K$  je Coriolisova sila,  $F_p$  je prijenosna sila dok je  $R$  resultantna vanjska sila. Sudeći po tome da dron promatramo kao kruto tijelo jer su njegove čestice konstantno jednako udaljene, cijelog drona možemo promatrati kao jednu česticu dolazimo do formule :  $a_r dm = dR + a_\gamma dm + dF_u + dF_p + dF_K$ .

Do konačne formule dolazimo tako što integriramo prijašnju formulu po masi. Dobivamo :  $\Omega V_K + V_K = R/m + g + (-a_{ck})$ .



## 1.10 FPV

Prva stvar koju je potrebno napomenuti o FPV dronovima je da se u odnosu na ostale dronove razlikuju po metodi vožnje tih dronova. Za razliku od tradicionalne metode pilotiranja bespilotnim letjelicama, u kojoj pilot kontrolira dron sa zemlje iz žablje perspektive, FPV dronom se pilotira sa stajališta FPV drona odnosno iz perspektive same letjelice.

### 1.10.1 FPV dron

FPV dron je dron s kamerom koja prenosi videozapis FPV naočalima, slušalicama, mobilnom uređaju ili nekom drugom zaslonu. Korisnik ima pogled iz prvog lica na okruženje u kojemu se nalazi FPV dron i može snimati videozapise i fotografije.

FPV dronovi mogu se upravljati daljinski ili programirati za autonomno letenje pomoću softvera koji pristupa podacima sa senzora drona i s GPS podacima. Iz perspektive korisnika, FPV dron omogućava virtualnu prisutnost gdje god uređaj može letjeti, a to su često mjesta na kojima čovjek fizički ne bi mogao biti prisutan. Za razliku od ostalih dronova, FPV dronovi mogu letjeti na manjim i opasnijim prostorima gdje se puno bolje snalaze u odnosu na ostale dronove.



Slika 10 : FPV dron

Dostupno na :(<https://cdn.pocket-lint.com/r/s/970x/assets/images/155873-drones-news-dji-fpv-is-a-fast-nimble-drone-and-can-do-0-60-in-2-seconds-image3-rtqkym1bsn.jpg>)

### 1.10.2 FPV naočale

Na tržištu se sve više pojavljuju FPV naočale čiji naziv dolazi od engleske riječi za pogled iz prvog lica donosno „first person view“ što je i osnovna funkcija ovih naočala zbog kojih ih piloti dronova koriste. Svake FPV naočale sadrže žiroskop koji prati položaj glave i upozori ako se korisnik nagnuo previše prema dolje kako se ne bi dogodilo do problema u prijemu videosignala.

Neke od FPV naočala imaju i mogućnost praćenja pozicije glave odnosno eng. head tracking gdje onda pomicanjem glave u realnom vremenu korisnik može kontrolirati pomicanje kamera na dronu. Neke pak naočale podržavaju Wi-Fi (802.11 b/g/n) i Bluetooth (4.0) što omogućuje spajanje mobilnog uređaja s naočalima čime korisnik može izravno pristupiti videosnimci koju je snimio dronom. Ovu inovaciju donijela je firma Orqa iz Osijeka s modelom naočala Orqa FPV.One.



Slika 11 : Orqa FPV.One naočale

Dostupno na :([https://www.bug.hr/img/orqa-fpvone-isprobali-smo-osjecke-naocale-za-pilote-dronova\\_9frVs.jpg](https://www.bug.hr/img/orqa-fpvone-isprobali-smo-osjecke-naocale-za-pilote-dronova_9frVs.jpg))

### 1.10.3 Razlike u odnosu na konvencionalne dronove

Bitno je naglasiti da bitnijih razlika između FPV i konvencionalnih dronova nema posebne razlike u samoj esenciji drona.

I FPV i konvencionalni dronovi dijele isti osnovni dizajn. Obe vrste drona su upravljane preko daljinskog kontrolora te su sposobni za prijenos videosnimke uživo putem ugrađene kamere.

Svi konvencionalni dronovi nisu opremljeni kamerom, ali za potrebe FPV vožnje nije problem na njihovo tijelo ugraditi kameru koja će to omogućiti. S druge strane, svim FPV dronovima može se upravljati iz zemaljske perspektive zanemarujući to što dron ima kameru ugrađenu na sebe.

Korištenjem FPV naočala s mogućnošću praćenja položaja kamera na dronu prema položaju glave dobiva se prava razlika između FPV i konvencionalnih dronova. FPV naočale daju osjećaj uronjenosti i poboljšavaju cjelokupnu kvalitetu iskustva letenja u prvom licu.

Upravljanje FPV drona upravljačem u rukama i FPV naočalima s kojim korisnik mijenja smjer gledanja kamere daje najbolje vozačko iskustvo takve letjelice.

Jedna od glavnih upotreba FPV dronova su utrke na poligonima gdje je najbitnije postići što manje kašnjenje prikaza video snimke na korisnikove FPV naočale.

Trkaći FPV dronovi postižu velike brzine na poligonima i svako nepotrebno kašnjenje prijenosa snimke može rezultirati zabijanjem drona u predmet poligona. Trkaći FPV dronovi u odnosu na konvencionalne dronove nemaju mogućnost levitiranja odnosno kada korisnik ne dira niti jednu komandu na kontroloru dron pada prema dolje dok bi konvencionalni dron u tom slučaju levitirao odnosno sam se održavao na istom mjestu. Na samom kontroleru postoje dva upravljačka štapića (eng. thumbstick) kojima se mijenja smjer nagiba i smjer kretanja.

Kod kontrolera za konvencionalne dronove oba upravljačka štapića se vraćaju u neutralan položaj kada ih korisnik pusti i dron počne levitirati, dok sasvim suprotno, kod kontrolera za FPV dronoven upravljački štapić za promjenu smjera kretanja ostaje tamo gdje ga je korisnik ostavio odnosno ne vraća se u neutralan položaj i dron naravno ne levitira.



#### 1.10.4 Upotreba

Utrke FPV dronovima su sve popularnije među entuzijastima. Utrke se najčešće odvijaju na posebnim poligonima gdje dronovi prolaze prepreke u što kraćem vremenu. Natjecatelji uz pomoć FPV naočala prate snimku s kamere na dronu, a pomoću upravljača u rukama kontroliraju njegov let. Profesionalni trkaći dron ima oko 170 grama sa svim komponentama, a maksimalna brzina mu je oko 165 mph odnosno 266 kilometara na sat. Zbog velike brzine i zahtevne upravljivosti domet trkaćih dronova je tek oko 800 metara što je i dovoljno za sama trkaće poligone.

FPV dronovi koriste se i u misijama traženja i spašavanja zbog sposobnosti da uđu u okruženja koja nisu sigurna za ljude, a sve više se počinju koristiti i u poljoprivredi za špricanje usjeva, mjerenje terena pa čak i kao zamjena za pastira.



Slika 12 : Trkaći dron

Dostupno na :([https://cdn.getfpv.com/media/catalog/product/t/i/titandc51-1000x1000\\_2.jpg](https://cdn.getfpv.com/media/catalog/product/t/i/titandc51-1000x1000_2.jpg))

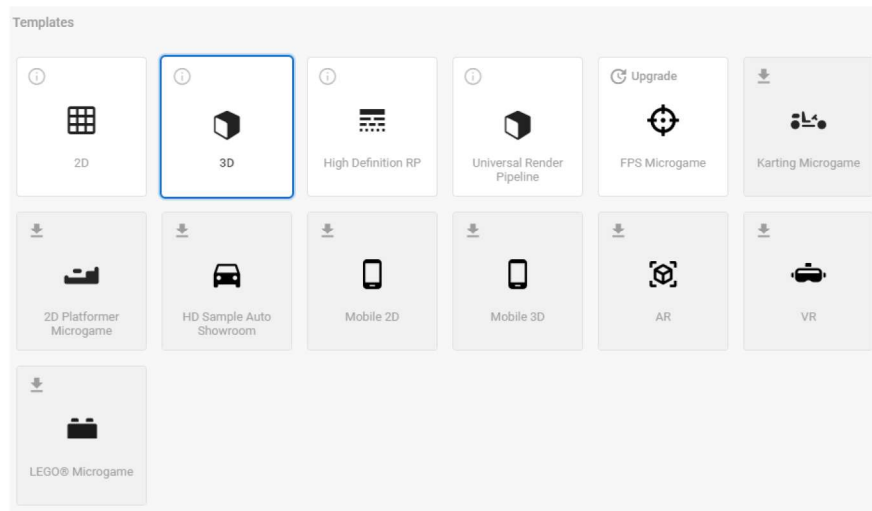


## 2 Unity

Prva verzija Unity-a objavljena je 2005. godine. Unity je platformski pogon za izradu igara koji olakšava izrađivanje video igara. Pogon za izradu igara (eng. game engine) kao što je Unity omogućuje stvaranje video igara koje će biti podržane na gotovo svim softverskim platformama pa tako video igre stvorene u Unityu.

Unity nudi i svoje skladište dodataka (eng. asset store) gdje svaki korisnik može kupiti, preuzeti besplatno ili postaviti neko svoje djelo ili model. Moguće se pronaći puno besplatnih dodataka koji mogu uljepšati scenu i upotpuniti ju. Moguće je sve dodatke preuzeti na svoj projekt koji može biti 2D ili 3D igra, igra za jednog ili više igrača i igra kojom se upravlja bilo kojim alatom za unos podataka kao što su palica, tipkovnica, ekran osjetljiv na dodir, VR naočale, FPV naočale itd.

Unity je vrlo jednostavan za korištenje i novi korisnici ne bi trebali imati poteškoća. Na internetu postoje brojni forumi i tutorijali u kojima stariji korisnici objašnjavaju kako se što radi u Unity-u što uvelike pomaže novim korisnicima.



Slika 13 : Ponudeni predlošci za izradu projekta u Unity-u

Snimka ekrana

### 2.1 Izrada korisničkog sučelja

Pri samom početku ove simulacije otvara se prozor na kojemu korisnik bira između dva različita tijela drona, između dvije različite vrste motora i dvije različite vrste propelera. Kada korisnik odabire svoje komponente u pozadini se istovremeno te komponente stvaraju i korisniku je omogućeno da vidi što je odabrao. Kada je zadovoljan učinjenim korisnik može stisnuti tipku "Play" i pokrenuti let drona u okolini. Pritiskom tipke "Play" ovaj prozor se gasi i kasnije nije moguće ponovno ga otvoriti. Tijelo i motori drona koji su odabrani se kreću simultano dok se propeleri okreću oko svoje osi konstantnom brzinom.



Slika 14 : Korisničko sučelje za biranje komponenti drona

Snimka ekrana

## 2.2 Izrada okoline

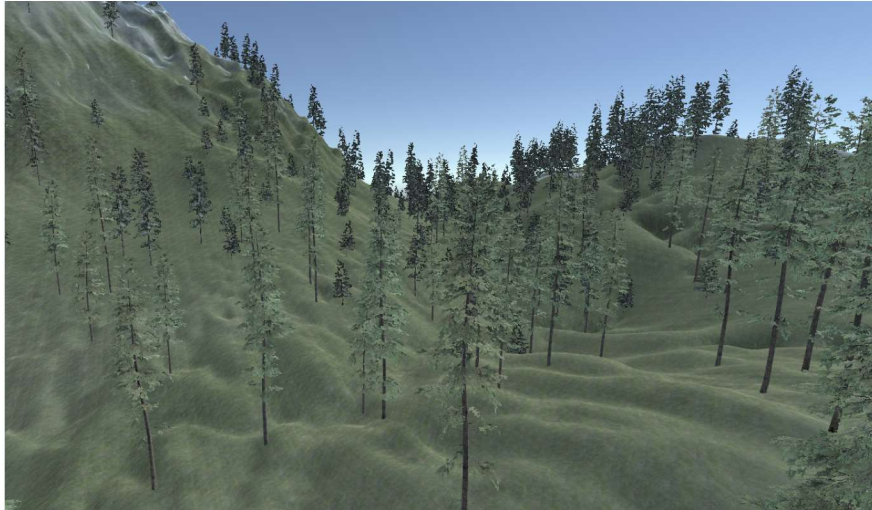
Okolina je zamišljena kao mala šuma sa stablima, brdima i uzorcima trave, kamena i pijeska. Teren je stvoren iskorištavanjem mogućnosti stvaranja brda, udubina, odrona i slično koje nudi platforma za izradu igara Unity.

Omogućeno je podizanje visine terena označenog mišem za uzorak koji je prethodno odabran. U stvaranju terena korištena je i opcija koja dočarava posljedice vjetra na teren i posljedice pritiska na teren što stvara udubine na samom terenu.

Svi ti dodatci pomažu da teren oblikom izgleda što prirodnije. S Unity Asset Store-a preuzeta su dva dodatka za teksture trave, kamena, pijeska i stijena te dodatak za par vrsta drveća. Dodatak "Terrain Textures Pack Free" dodao je terenu prirodne teksture na prirodnim mjestima.

Tako je u nizini i na ostalim niskim dijelovima terena dodana teksture par vrsta trava, dok je na vrhovima brda različite teksture stijene. Uz pomoć dodatka "Conifers" dodana su drveća na sam teren. Ovaj dodatak sadrži četiri različite vrste drveća koje sam dodao ravnomjerno kako bi prikaz bio što prirodniji.

Okolina je male površine stoga je zamišljeno da je dronom zabranjeno izaći van površine okoline odnosno da kada dron pređe rub okoline automatski se transportira na sredinu mape i simulacija se nastavlja kao da se ništa nije dogodilo.



Slika 15 : Okolina simulacije

Snimka ekrana

### 2.3 Izrada drona

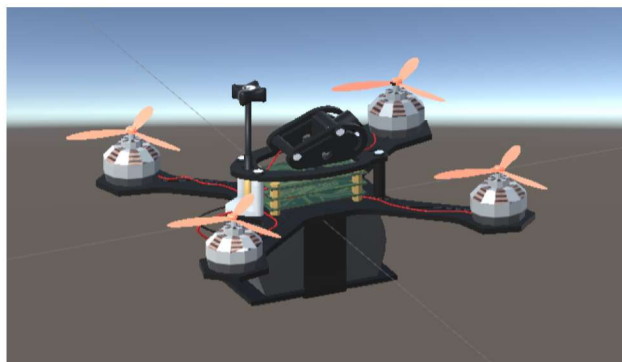
Komponente koje korisnik bira dijelovi su od dva rastavljena drona. Za razdvajanje propelera, motora i tijela svakog pojedinog drona koristio sam 3D grafički softver pod nazivom Blender.

Preuzeo sam gotove 3D modele dronova te sam u Blenderu iskoristio opciju brisanja odabranih točaka te tako zasebno na računalo spremao komponente svakog drona.

Modele tijela postavio sam na istu veličinu kako bi na sceni izgled odgovarao u slučaju da se korisnik odluči spojiti tijelo prvog drona s motorima ili propelerima drugog drona. Isto tako u Blenderu sam odvojio sam jedan motor od svakog drona i samo jedan propeler od svakog drona te ih takve spremio.

Multiplicirao sam propelere i motore od oba drona četiri puta te ih postavio na lokacije tako da odgovaraju lokaciji odabranog tijela kako bi prikaz bio što vjerniji. Kada korisnik u korisničkom sučelju odabere tijelo prvog drona na sceni se ono u istom trenutku i pojavi i isto se dogodi kada odabere tijelo drugog drona ili propelere ili motore.

Propeleri se, u istom trenutku kada se odaberu, krenu okretati oko svoje osi kako bi prikaz bio što vjerniji.



Slika 16 : Prvi dron sa svim svojim komponentama

Snimka ekrana



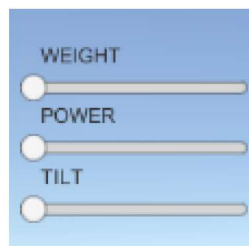


Slika 17 : Drugi dron sa svim svojim komponentama

Snimka ekrana

## 2.4 Mogućnost promjene karakteristika napravljenog drona

Za vrijeme simulacije u gornjem lijevom kutu postoji mogućnost brze promjene mase, nagiba i snage trenutnog drona. Korisnik pokretima miša upravlja klizačima koji istovremeno mijenjaju svojstva drona.



Slika 18 : Klizači za brzu promjenu karakteristika drona

Snimka ekrana

## 3 Dokumentacija skripti

### 3.1 Propeleri

Skripta „Propeleri“ sadrži jednu javnu float varijablu „speed“ koja se prosljeđuje void funkciji „Update“. Ova funkcija pomoću transform.Rotate neprestano rotira objekt na kojemu je dodana ova skripta po z-osi. Ova skriptu je korištena za rotaciju propelera u „GameSceni“.

```
public float speed = 5000f;
void Update()
{
    transform.Rotate(0, 0, speed * Time.deltaTime);
}
```

### 3.2 Cam Switch

Skripta „CamSwitch“ prima dva javna GameObjecta „cam1“ i „cam3“ koji se koriste u void funkciji „Update“. Ova funkcija ima dvije if uvjetne naredbe. Prva if naredba promatra ako je na tipkovnici pritisnuta tipka „1Key“ koju smo prethodno unijeli u Input System u Unityu onda objekt „cam1“ pomoću ključne riječi SetActive(true) ostavi na sceni dok objekt „cam3“ obriše sa scene.

Druga if naredba djeluje suprotno odnosno na pritisak tipke „3Key“ objekt „cam1“ obriše sa scene, a objekt „cam3“ ostavi na sceni. Ova skripta je korištena za promjenu kamere na dronu u „GameSceni“. Objekt „cam1“ je First-Person kamera dok je „cam3“ Third-Person kamera. Tipka „1Key“ je broj 1 na tipkovnici dok je tipka „3Key“ broj 3 na tipkovnici.

```
public GameObject cam1;
public GameObject cam2;

void Update()
{
    if (Input.GetButtonDown("1Key"))
    {
        cam1.SetActive(true);
        cam2.SetActive(false);
    }
    if (Input.GetButtonDown("3Key"))
    {
        cam1.SetActive(false);
        cam2.SetActive(true);
    }
}
```

### 3.3 Respawn

Skripta „Respawn“ sadrži dvije privatne varijable tipa Transform „Player“ i „respawnPoint“ i varijablu tipa GameObject „alarm“, te funkciju „OnTriggerEnter“. Funkcija „OnTriggerEnter“ provjerava pređe li dron granicu mape.

Ako je provjera točna vrati drona na odabrano mjesto na mapi nazvano „respawnPoint“. Kada vrati drona na navedeno mjesto isključi se i upozorenje iz skripte „Alarm“.

```
[SerializeField] private Transform Player;
[SerializeField] private Transform respawnPoint;
void OnTriggerEnter(Collider other)
{
    Player.transform.position = respawnPoint.transform.position;
}
```

### 3.4 Skripta za kretanje

Samo kretanje drona kreirano je u ovoj skripti pod imenom „Skriptazakretanje“. „Skriptazakretanje“ sadrži jedan Rigidbody „ourDrone“. Void funkcija „Awake“ pomoću ključne riječi GetComponent<Rigidbody>() stvara „ourDrone“ na sceni.

```
void Awake()
{
    ourDrone = GetComponent<Rigidbody>();
}
```

Nadalje, void funkcija „FixedUpdate“ služi samo za pozivanje svih potrebnih funkcija koje su u nastavku napisane za samo kretanje, a to su „MovementUpDown“, „MovementForward“, „Rotation“, „ClampingSpeedValues“, „Skretanja“. U trenutnoj funkciji „FixedUpdate“ koriste se i ključne riječi AddRelativeForce i rotation pomoću kojih se definira upForce drona i rotiranje.

```
void FixedUpdate()
{
    MovementUpDown();
    MovementForward();
    Rotation();
    ClampingSpeedValues();
    Skretanja();
    ourDrone.AddRelativeForce(Vector3.up * upForce);
    ourDrone.rotation = Quaternion.Euler(
        new Vector3(tiltAmoundForward, currentYRotation,
            tiltAmoundSideways)
    );
}
```

Uvodimo tri javne float varijable „nagib“, „masa“ i „snaga“ koje kasnije možemo mijenjati pomoću slidera koji se nalaze na sceni na canvasu za brzo tuneanje drona. Slider za masu preko funkcije „masaSlider“ mijenja masu drona te se on vidljivo drugačije ponaša zbog te promjene.



```
public void masaSlider(float novaMasa)
{
    masa = novaMasa;
}
```

Na identičan način pomoću slidera mijenjamo i snagu drona i nagib. Slijedi privatna float varijabla „upForce“ koju u void funkciji „settingUpForce“ postavimo na količnik varijable „snaga“ i varijable „masa“.

```
void settingUpForce()
{
    upForce = snaga / masa;
}
```

Void funkcija „MovementUpDown“ s deset if uvjetnih naredbi i unosa s tipkovnice određuje koliki će iznositi iznos varijable „upForce“ od trenutnog drone.

Ovisno o tome je li korisnik pritisnuo na tipkovnici slovo I, J, K ili L varijabla „upForce“ se mijenja i dron se na sceni kreće prema tim dobivenim informacijama.

Primjera radi, ako korisnik pritisne slovo K na tipkovnici drone pada naglo prema dolje zbog toga što iznos varijable „upForce“ mijenjamo kako je opisano na slijedećem prikazu koda.

```
else if (Input.GetKey(KeyCode.K))
{
    upForce = snaga / masa;
    upForce /= -2.2f;
}
```

U slučaju da korisnik nije pritisnuo niti jednu od navedenih slova s tipkovnice, drone će sam padati prema dolje zbog djelovanja gravitacijske sile, pri čemu trenutna brzina padanja ovisi u trenutnoj masi drona koju je korisnik odredio sliderom za masu.

```
upForce = -98.1f * masa;
```

Uvedene su tri privatne float varijable „movementForwardSpeed“, „tiltAmountForward“ i „tiltVelocityForward“. Varijabla „movementForwardSpeed“ postavljena je na 500, varijabla „tiltAmountForward“ postavljena je na 0, a varijabla „tiltVelocityForward“ nije postavljena niti na jednu vrijednost.

U void funkciji „MovementForward“ u slučaju da je pritisnuta strelica prema naprijed na tipkovnici drone se nagine prema naprijed za trenutni nagib i kreće se prema naprijed.

```
void MovementForward()
{
    if (Input.GetAxis("Vertical") != 0)
    {
        ourDrone.AddRelativeForce(Vector3.forward * Input.GetAxis(
            "Vertical") * movementForwardSpeed);
        tiltAmountForward = Mathf.SmoothDamp(tiltAmountForward,
            nagib * Input.GetAxis("Vertical"),
            ref tiltVelocityForward, 0.1f);
    }
}
```

U nastavku, uvodimo privatnu varijablu „wantedYRotation“ tipa float, javnu varijablu „currentYRotation“ tipa float koja nije vidljiva u prozoru Inspector u Unity-u zbog ključne riječi



„HideInInspector“. Uvodimo privatnu float varijablu „rotateAmountByKeys“ koju postavljamo na vrijednost 2.5. Uvodimo još jednu privatnu varijablu pod nazivom „rotationYVelocity“ tipa float.

Void funkcija „Rotation“ uz pomoć dvije if uvjetne naredbe mijenja iznos varijable „wantedYRotation“ ovisno o tome je li korisnik na tipkovnici pritisnuo slovo J za rotaciju u lijevo ili je pritisnuo slovo L za rotaciju u desno.

```
void Rotation ()
{
    if (Input.GetKey(KeyCode.J))
    {
        wantedYRotation -= rotateAmountByKeys;
    }
    if (Input.GetKey(KeyCode.L))
    {
        wantedYRotation += rotateAmountByKeys;
    }
    currentYRotation = Mathf.SmoothDamp(currentYRotation, wantedYRotation,
    ref rotationYVelocity, 0.25f);
}
```

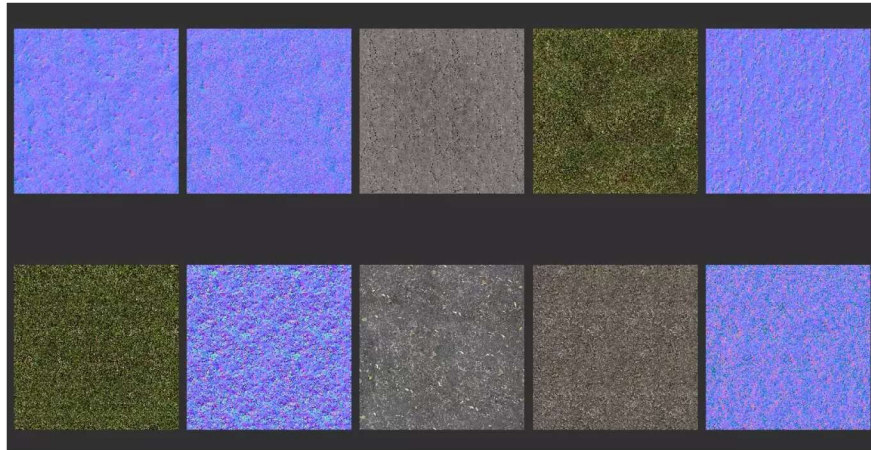
U nastavku uvodimo privatnu varijablu „velocityUsporavanja“ tipa Vector3 koju koristimo u void funkciji „ClampingSpeedValues“. U funkciji „ClampingSpeedValues“ uz pomoć četiri if uvjetne naredbe određujemo u kojem će smjeru dron letjeti ovisno koji smjer je korisnik na tipkovnici pritisnuo.

Nadalje uvodimo četiri privatne varijable tipa float. Varijabla „sideMovementAmount“ postavljena je na 300, dok varijable „tiltAmountSideways“ i „tiltAmountVelocity“ nisu postavljene niti na jednu vrijednost. U void funkciji „Skretanja“ naginjemo dron lijevo ili desno za trenutni nagib pomoću if i else uvjetnih naredbi.

```
void Skretanja ()
{
    if (Mathf.Abs(Input.GetAxis("Horizontal")) > 0.2f)
    {
        ourDrone.AddRelativeForce(Vector3.right *
        Input.GetAxis("Horizontal") * sideMovementAmount);
        tiltAmountSideways = Mathf.SmoothDamp(tiltAmountSideways,
        -nagib * Input.GetAxis("Horizontal"),
        ref tiltAmountVelocity, 0.1f);
    }
    else
    {
        tiltAmountSideways = Mathf.SmoothDamp(tiltAmountSideways,
        0, ref tiltAmountVelocity, 0.1f);
    }
}
```

## 4 Korišteni dodatci u Unityu

U ovom projektu korišteno je dva preuzeta dodatka s „Unity Asset Storea“ u svrhu uljepšavanja „GameScene“ kako bi izgledala realističnije. Teksture trave, kamena, pijeska i slično dobivene su dodatkom „Terrain Textures Pack Free“. Dodatak „Conifers“ dodao je par vrsta drveća na Terrain. Zbog tehničkih ograničenja scena je jednostavna i skromna kako bi se simulacija odvijala bez nepotrebnih zastajkivanja. Svakim zahtjevnijim dodatkom scena postaje ljepša, ali i za računalo zahtjevnija. Sve navedene dodatke možete pogledati na „Unity Asset Storeu“ upisivanjem navedenih naziva dodataka u "Unity Asset Store".



Slika 19 : Terrain Textures Pack Free dodatak

Dostupno na :(<https://assetstorev1-prd-cdn.unity3d.com/package-screenshot/4d2c59cf-ae98-4959-b57f-e4e711b373a4.webp>)



Slika 20 : Conifers dodatak

Dostupno na :(<https://assetstorev1-prd-cdn.unity3d.com/package-screenshot/3ed7f182-bf4a-43e2-9b49-5fb7ab2a6b36.webp>)

## 5 Zaključak

Razvoj dronova i otkrivanje svih mogućnosti koje oni donose traje i dandanas. Sve je više proizvođača, broj prijavljenih korisnika eksponencijalno raste i sa sigurnošću se može reći da je ovo jedna od najbrže rastućih industrija novijeg doba.

Stručnjaci predviđaju da će 5G mreža donjeti novu eru u razvoju dronova te da će se njihov puni potencijal tek otkriti.

Trenutno, u Hrvatskoj dronovi su još uvijek većini naroda samo pojam za koji su čuli no daljnjim razvojem i potpunoj komercijalizaciji dronova kao proizvoda to će se sigurno promijeniti.

Za sve koji još nisu spremni dati veći novac za stjecanje vozačkog iskustva na ovim letjelicama tu su simulacije koje vrlo realno dočaravaju stvarnu fiziku drona. Pri povećanju mase na simulaciji dron se tromije kreće i vrlo brzo pada, dok se pri povećanju snage dron kreće brže i dinamičnije. Upravo tako bi se i u stvarnom svijetu ponašao dron. Simulacije naravno imaju i puno prednosti u odnosu na stvarne dronove u stvarnom svijetu, a to je korištenje u slučaju lošeg vremena, vježbanje za vrijeme putovanja i naravno vježbanje bez straha pogreške pri letu i izazivanja stvarne materijalne štete.



## Literatura

- [1] DJI - Official Website, dostupno na:  
(<https://www.dji.com/hr>)
- [2] What is an FPV Drone?, 2021., dostupno na:  
(<https://www.bhphotovideo.com/explora/video/features/what-is-an-fpv-drone>)
- [3] OrqaFPV, dostupno na:  
(<https://orqafpv.com/>)
- [4] Wikipedia.com, Unmanned aerial vehicle, 2021., dostupno na:  
([https://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned\\_aerial\\_vehicle](https://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_aerial_vehicle))
- [5] Bug.hr, Orqa FPV.One - Isprobali smo osječke naočale za pilote dronova, 2020., dostupno na:  
(<https://www.bug.hr/recenzije/orqa-fpvone-isprobali-smo-osjecke-naocale-za-pilote-dronova-15614>)
- [6] Mehanika leta zrakoplova , dostupno na:  
([https://www.fsb.unizg.hr/aero/meha\\_leta\\_knjiga.html](https://www.fsb.unizg.hr/aero/meha_leta_knjiga.html))

## Popis slika

Slika 1 : Fairey Queen IIF (prva bespilotna letjelica) - stranica 2

Slika 2 : Tadiran Mastiff (prvi izviđački dron) - stranica 3

Slika 3 : Dosatava paketa dronom - stranica 4

Slika 4 : Upravljač drona - stranica 5

Slika 5 : Mikrokontroler Quadrino Nano - stranica 6

Slika 6 : Promjena baterija na dronu - stranica 7

Slika 7 : Motor drona - stranica 7

Slika 8 : Propeler drona s dvije lopatice - stranica 8

Slika 9 : Apsolutni i relativni koordinatni sustav - stranica 9

Slika 10 : FPV dron - stranica 10

Slika 11 : Orqa FPV.One naočale - stranica 11

Slika 12 : Trkaći dron - stranica 13

Slika 13 : Ponuđeni predlošci za izradu projekta u Unity-u - stranica 14

Slika 14 : Korisničko sučelje za biranje komponenti drona - stranica 15

Slika 15 : Okolina simulacije - stranica 16

Slika 16 : Prvi dron sa svim svojim komponentama - stranica 16

Slika 17 : Drugi dron sa svim svojim komponentama - stranica 17

Slika 18 : Klizači za brzu promjenu karakteristika drona - stranica 17

Slika 19 : Terrain Textures Pack Free dodatak - stranica 22

Slika 20 : Conifers dodatak - stranica 22