

ŠOLSKI CENTER VELENJE  
ELEKTRO IN RAČUNALNIŠKA ŠOLA  
GIMNAZIJA  
Trg mladosti 3, 3320 Velenje  
MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA

## **UPORABA SIMULATORJA LETENJA V LETALSKI INDUSTRIJI**

Tematsko področje: APLIKATIVNI INOVACIJSKI PREDLOGI IN PROJEKTI

Avtorja:  
Gaber Čuješ, 3. letnik  
Laura Pečnik Budna, 3. letnik

Mentorja:  
Uroš Remenih, inž.  
Samo Železnik, inž.

Velenje, 2020

Čuješ G., Pečnik Budna L. Uporaba simulatorja letaja v letalski industriji  
Raziskovalna naloga, Šolski center Velenje, Elektro in računalniška šola, Gimnazija, 2020

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Šolskem centru Velenje, Elektro in računalniški šoli.

Mentorja: Uroš Remenih, inž.

Samo Železnik, inž.

Datum predstavitve: marec 2020

## KLJUČNA DOKUMETACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Elektro in računalniška šola Velenje, šolsko leto 2019/2020

KG Aplikativni projekti in predlogi

AV ČUJEŠ Gaber, PEČNIK BUDNA Laura

SA Uroš Remenih, dipl. inž. Samo Železnik, dipl. inž.

KZ 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3

ZA Elektro in računalniška šola, Gimnazija

LI 2020

IN UPORABA SIMULATORJA LETENJA V LETALSKI INDUSTRIJI

TD Raziskovalna naloga

OP

LJ SL

AL sl/en

AB Simulatorji so sedaj eden najbolj priljubljenih načinov učenja. Med najbolj popularnimi simulacijami pa so brez dvoma simulatorji letenja, ki uporabnike vedno bolj navdušujejo. Vendar pa simulatorji letenja niso uporabni le za zabavo, saj so namenjeni tudi za profesionalno rabo, s katero se želimo čim bolj približati resničnemu letenju. Za takšno rabo so se ustanovile številne divizije pod okriljem Mednarodne organizacije za virtualno letenje (IVA0). V najini raziskovalni nalogi sva raziskovala, kako in za kaj (lahko) letalska industrija uporablja simulatorje letenja, poleg tega pa sva raziskovala, ali lahko sama zgradiva simulator, ki je primerljiv s kupljenimi in profesionalnimi simulatorji letenja. Raziskovalna naloga je sestavljena iz treh delov. Najprej sva simulator zgradila, ga prilagodila za simulacijo letenja ter sproti zabeleževala stroške izdelave, da sva jih lahko kasneje primerjala z že kupljenim simulatorjem in profesionalnim simulatorjem letenja. Nato sva poklicala izkušene pilote, ki so najin simulator ocenili in preverili, ali je primerljiv s profesionalnim in ali je (in če, koliko) primeren za učenje letenja. Ko sva preverjala, ali je simulator pomembno marketinško sredstvo, sva preverjala statistike uporabe simulatorjev skozi leta ter jih primerjala s številom pilotov v vsakem času, prav tako pa sva preverila marketinško moč simulatorja, tako da sva zbrala nekaj prostovoljcev ter izvedla intervju z njimi pred uporabo simulatorja in po njej.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Elektro in računalniška šola Velenje, šolsko leto 2019/2020

CX

AU ČUJEŠ Gaber, PEČNIK BUDNA Laura

AA Uroš Remenih, dipl. inž. Samo Železnik, dipl. inž.

PP 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3

PB Elektro in računalniška šola, Gimnazija

PY 2020

TI Use of flight simulator in flight industry

DT Research work

NO

LA SL

AL sl/en

AB Simulators are ones of the most popular ways of learning. One of the most popular simulators are flying simulators that are enthralling people from all over the world. However, flight simulators are not just used for entertainment, for many years, they have been used for professional educational purposes. For this kind of purpose people have been establishing numerous diversions under the patronage of the International Virtual Aviation Organisation (IVAIO). In our research paper we were researching how and for what purpose can flight simulators be used in the flight industry. Besides that, we were researching whether we can build our own flight simulator that is compatible with professional ones. The research paper is divided in three parts. First we built the simulator, then we adjusted it to flight simulation and while doing that, we were noting the amount of money being used for it, so we could compare it to the professional (already built) ones. After finishing all that, we called an experienced pilot who instructed us with further information about how to adjust the flight simulator to accomplish a more realistic experience. When we were testing the marketing power of flight simulators, we checked the statistics of flight simulator usage over the years and compared it to the number of pilots over those same years. We also gathered some volunteers and performed an interview with them before and after the experience.

## KAZALO

1 Uvod.....	1
2 Pregled objav.....	2
2.1 Računalniška simulacija.....	2
2.2 Zgodovina simulatorjev letenja.....	3
2.3 Letalska industrija.....	5
2.4 Uporaba simulatorjev v letalski industriji.....	6
3 Metodologija.....	7
3.1 X-plane 11.....	7
3.2 SimTools.....	8
3.3 Logitech.....	9
.....	9
3.3.1 Deli.....	10
3.4 Simulator kot marketinško sredstvo.....	12
3.4 Rekonstrukcija simulatorja varne vožnje v simulator letenja.....	14
3.5 Testiranje.....	16
3.6 Kako sva prišla do rezultatov?.....	18
4 Izsledki in razprava.....	19
4.1 Primerjava rezultatov.....	19
4.1.1 Učenje na simulatorju.....	19
4.1.2 Primerjava predelanega simulatorja s profesionalnim.....	20
4.2 Že obstoječa uporaba simulatorjev v letalski industriji.....	23
4.3 Možne nadgradnje simulatorja.....	23
5 Sklep.....	24
6 Zaključek.....	26
7 Povzetek.....	27
8 A summary.....	28
9 Zahvala.....	29
10 Viri in literature.....	30

## KAZALO SLIK

Slika 1, 2: Prvi simulator	4
Slika 3: Profesionalni simulator	6
Slika 4: Igra X-plane 11	7
Slika 5, 6: SimTools logo in vmesnik za nastavitve igre	8
Slika 7, 8: Logo in kupljeni deli	9
Slika 9: Krmilna Pedala	10
Slika 10: Letasko krmilo in ročke	10
Slika 11: Simulator pred predelavo	14
Slika 12: Namestitve novih delov	15
Slika 13: Prilagajanje SimTool-ov	15
Slika 14, 15: Simulator testira izkušen pilot	17
Slika 16: Utrinek iz testiranja	18
Slika 17: Učenje na profesionalnem simulatorju	19
Slika 18: Pogled iz letala	20
Slika 19, 20: Primerjava kupljenega simulatorja z najinim	22
Slika 21: Napredni simulator letenja	23
Slika 22: Končni izdelek	26

# 1 Uvod

V sodobnem času vedno več uporabljamo simulacijo za učenje, analiziranje in raziskovanje na raznih področjih, in nič drugače ni v letalski industriji. Vsak pilot mora preden opravi izpit vsaj nekaj časa preživeti v simulatorju, kjer se uči upravljati letalo. S pomočjo simulacij letenja pa se lahko tudi simulira razne napake in nesreče, z namenom da se bodoče pilote usposobi za pravilno ravnanje ob takšni situaciji, brez da bi nesrečo neposredno doživeli. Prav zaradi tega razloga sva želela dokazati, da se lahko tudi na neprofesionalnem, doma predelanem ali doma naretem simulatorju, naučimo osnov in pridobimo občutek za letenje.

V ta namen sva predelala star simulator za varno vožnjo v simulator letenja, s pomočjo katerega se lahko približamo čim bolj realni izkušnji. Ta simulator je nato preizkusil pilot z izkušnjami, bodoči pilot, ki dela izpit in nekaj neizkušenih dijakov, ki so nevešči letenja.

## HIPOTEZE:

Hipoteza 1: Simulator letenja je uporben za učenje letenja.

Hipoteza 2: Doma predelan simulator se lahko primerja z že kupljenim simulatorjem, vendar se malo razlikuje po kakovosti.

Hipoteza 3: Simulator letenja je učinkovito marketinško sredstvo za letalsko industrijo.

Hipoteza 4: Simulator letenja je preprost za uporabo.

## 2 Pregled objav

### 2.1 Računalniška simulacija

Simulacija ima več definicij s strani različnih avtorjev. Posplošeno bi lahko računalniško simulacijo definirali kot posnemanje obnašanja ali delovanja nekega sistema s pomočjo drugega sistema, ki ga imenujemo realni model. Simulacijo uporabljamo za preučevanje nekega sistema, analizo in študij tega, prav tako pa za napovedovanje njegovega obnašanja in eksperimentiranje z njim.

Pritsker (Pritsker, 1979) simulacijo definira kot imitacijo obnašanja sistema v realnem, skrčenem ali raztegnjenem času, tako da eksperimentiramo z modelom.

Me Leod (Me Leod, 1987) jo definira kot uporabljanje modela za eksperimentiranje, kjer skušamo napovedati možen izid ali obnašanje sistema, ali pa situacije, katero proučujemo.

Schmidt (Schmidt, 1986) pa jo definira kot postopek, ki omogoča proučevanje realnega sistema, s pomočjo drugega sistema (t.i. realni model) ter eksperimentiranje z njim z namenom proučevanja oziroma analize nekega realnega sistema in napoved njegovega (možnega) obnašanja pod določenimi pogoji.

Torej, če definicijo simulacije uporabimo za definiranje simulacije letenja ugotovimo, da je simulacija letenja poskus čim bolj realnega posnemanja upravljanja letala, pod čim bolj realno prikazanimi pogoji preko simulatorja, z namenom učenja letenja ter usposabljanja pilotov.

*(vir 1)*



## 2.2 Zgodovina simulatorjev letenja

Prvi simulator letenja je bil nared in uporabljen leta 1910 za treniranje in usposabljanje pilotov. Sestavljen je bil iz dveh cevastih polovic. Ena je bila postavljena na podstavek, druga pa je služila kot letalska kabina. Pilot je sedel na zgornji polovici, ki jo je upravljal ročno in hkrati kontroliral različne položaje letala.

Piloti so prve simulatorje letenja uporabljali v prvi svetovni vojni večinoma za učenje orientacije v prostoru. Simulator »Ruggles orientator« sta upravljala inštruktor, ki je premikal kabino, in pa učenec, ki je poskušal držati letalsko kabino naravnost.

Po koncu druge svetovne vojne so simulatorje uvedli tudi v civilnem letalstvu. Prvi simulator je bil namenjen Pan American Airways. Stratocruiser Boeing 377 se ni premikal in ni imel vizualnega sistema, a je kljub temu bila pilotska kabina popolnoma simulirana do zadnje podrobnosti. Za uporabo je bil vstavljen analogni računalnik. Posadke so zato lahko izvedle vse lete, postopke usposabljanja in se pripravile na nujne primere.

Od začetka 70. let je računalniško ustvarjena grafika prešla na simulatorje. Sprva so bile kulise le sunki bele svetlobe na sicer črni pokrajini, a za nočne lete je bilo to več kot dovolj. Z napredkom računalniške tehnologije konec 70. let so se razvile tridimenzionalne krajine in razvoj se nadaljuje do danes. Današnje pokrajine simulatorjev se skoraj ne ločijo od resničnega sveta. (*vir 4*)

Čuješ G., Pečnik Budna L. Uporaba simulatorja letaja v letalski industriji  
Raziskovalna naloga, Šolski center Velenje, Elektro in računalniška šola, Gimnazija, 2020



Slika 1, 2: Prvi simulator (Vir: <http://havkar.com/uploadFiles/contentposts/first-aircraft-simulator-1515419402.jpg>)

## 2.3 Letalska industrija

Vse več letališč in letalskih združb se odloča za vlaganje v inovacije, ki bi povečale ponudbe na letališčih, potnikom omogočile brezhibno potovanje ter privabile čim več ljudi k upravljanju služb v letalski industriji. Glede na to, da se letalska industrija hitro širi, število pilotov pa je v zadnjih dvajsetih letih močno upadlo, bodo morali zvišati število pilotov (npr. Severna Amerika potrebuje vsaj 117.000 novih pilotov), za kar pa seveda potrebujejo dober marketing in napredne načine učenja ter prav tako naprednejše načine upravljanja letal ter letenja samega.

V prihodnosti se usmerjajo v inovacije na področju računalništva in informacijske tehnologije. Nekatere nove tehnologije, ki jih letališča izvajajo so rešitve za prijavo na let izven letališča («Off airport check-in solutions»), kontrola pred prijavo za let («pre-check screening»), brezgotovinsko plačilo in mnoge druge. Med pomembne novosti na področju informacijske tehnologije, ki pomagajo razvoju letalske industrije, pa lahko štejemo računalništvo v oblaku, odprtokodno programsko opremo, virtualno resničnost, aplikacijske programske vmesnike, tehnologijo verižnih blokov, in tako dalje. (*vir 2*)

## 2.4 Uporaba simulatorjev v letalski industriji

Kot je že bilo omenjeno, so nekatere inovacije s področja informacijske tehnologije močno vplivale na razvoj letalske industrije. Med temi inovacijami pa sodita tudi virtualna resničnost ter simulacije.

Sedaj so letalski simulatorji zelo pomembni za letalsko industrijo, saj se na njih bodoči piloti učijo ravnati z letalom ter ga pilotirati. Ure na simulatorju štejejo kot praktični del usposabljanja vsakega bodočega pilota in so pogoj za opravljen izpit. Glede na želeni izpit za določeno letalo se postavi zahtevano število ur za vajo na profesionalnem simulatorju, preden lahko kandidat opravlja izpit. (*ustni vir: Urban Hergold*)



Slika 3: Profesionalni simulator (Vir:[https://rs.n1info.com/Picture/189703/jpeg/Tan2017-9-26\\_13152931\\_4.jpg](https://rs.n1info.com/Picture/189703/jpeg/Tan2017-9-26_13152931_4.jpg))

## 3 Metodologija

### 3.1 X-plane 11

X-plane 11 je simulacija letenja. Uporablja se za osebno rabo, in pa za profesionalno rabo s pravo licenco, kjer se naučimo letanja na simulatorju. V X-plane-u lahko izbiraš med več tipi letal, prav tako imaš izbiro med več različnimi prizorišči, kjer boš letel. (vir 7)

Za X-plane 11 sva se odločila, saj ponuja širok izbor letal in krajev, hkrati pa je tudi zelo kompatibilen s SimTool-i, ki sva jih uporabila. Se pa tudi uporablja kot profesionalni simulacija letenja.

Primerjava z drugimi simulacijami:

Simulacija	Katere operacijske sisteme podpira?	Velikost	Število naloženih letal	že cena	Leto izida
X-plane 11	<ul style="list-style-type: none"> <li>Windows</li> <li>Mac</li> <li>Linux</li> <li>Android</li> <li>IOS</li> </ul>	70 GB	15	59,99€	2016
Microsoft flight simulator X: Steam edition	<ul style="list-style-type: none"> <li>Windows</li> </ul>	256MB	24	24,99€	2014
FlightGear	<ul style="list-style-type: none"> <li>Windows</li> <li>Mac</li> <li>Linux</li> </ul>	1,54 GB	10	Zastojn	2019

Tabela 1: Priverjava simulacij letenja (Avtor: Gaber Čuješ) (viri 6, 7, 8)



Slika 4: Igra X-plane 11 (Vir: <https://www.x-plane.com/desktop/buy-it/>)

## 3.2 SimTools

SimTool je orodje, ki nam pomaga pri upravljanu simulatorjev. Zagotavlja povezavo med samo igro in simulatorjem, saj iz igre zajame vrednosti kot so; hitrost, smer gibanja, sila pospeška, in se več. Vse te vrednosti nam pomagajo pri krmiljenju in upravljanju letala.

Za SimTools sva se odločila zaradi:

- Enostaven za uporabo
- Skupnost za podporo in pomoč
- Najina igra je podprta s strani SimTool-a



Slika 5, 6: SimTools logo in vmesnik za nastavitve igre (Vir: <https://simtools.us/downloads-links/>)



### 3.3 Logitech

Logitech je podjetje, ki izdeluje tipkovnice, miške, zabavne kontrolerje, spletne kamere, računalniške zvočnike, slušalke, brezžične avdio naprave ter avdio naprave za MP3 predvajalnike. Midva pa sva se predvsem osredotočila na pripomočke, ki so pomembni pri letenju. Odlocila sva se kupiti krmilo za letenje, ki v kompletu vsebuje tudi ročke za uravnavanje mešanice ter hitrosti, ter pedalke, ki uravnavajo zadnje krilo ter pomagajo pri zaviranju.



Slika 7, 8: Logo in kupljeni deli (Vir: <https://www.logitechg.com/en-us/products/flight/flight-simulator-yoke-system.html#945-000023>)

### 3.3.1 Deli

#### 1. Krmilna pedala (rudder peddals):

Krmilna padala so namenjena upravljanju zadnjih krilc na letalu ter zaviranju. Na simulatorju sva uporabila Logitech-ova pedala, saj zelo dobro simulira pedala v realnem letalu. *(vir 9)*



Slika 9: Krmilna Pedala

(Vir: [https://cdn11.bigcommerce.com/s-29nzvnn/images/stencil/1280x1280/products/896/10687/rudder-pedals-01\\_66293.1451752287.jpg?c=2](https://cdn11.bigcommerce.com/s-29nzvnn/images/stencil/1280x1280/products/896/10687/rudder-pedals-01_66293.1451752287.jpg?c=2))

#### 2. Letasko krmilo in ročke:

Letasko krmilo se uporablja pilotiranje letala v zraku, saj z njimi opravljamo stranski dve krilci, z njim pa se tudi dvignemo in spustimo. Same ročke se uporabljajo za upravljanje mešanice ter za prižig baterije in motorjev, z njimi pa tudi nadzorujemo hitrost med letom. *(vir 9)*

Slika 10: Letasko krmilo in ročke

(Vir: <https://www.altstore.si/logitech-g-saitek-pro-flight-yoke-systememea-flight-system-yoke>)





Ime	cena
Krmilo in ročke	169,99€
Pedala	169,99€
X-plane 11	59,99€
simulator	1200,00€
<b>SKUPAJ</b>	<b>12.399,97€</b>

Tabela 1: Stroški (Avtor: Laura Pečnik Budna)

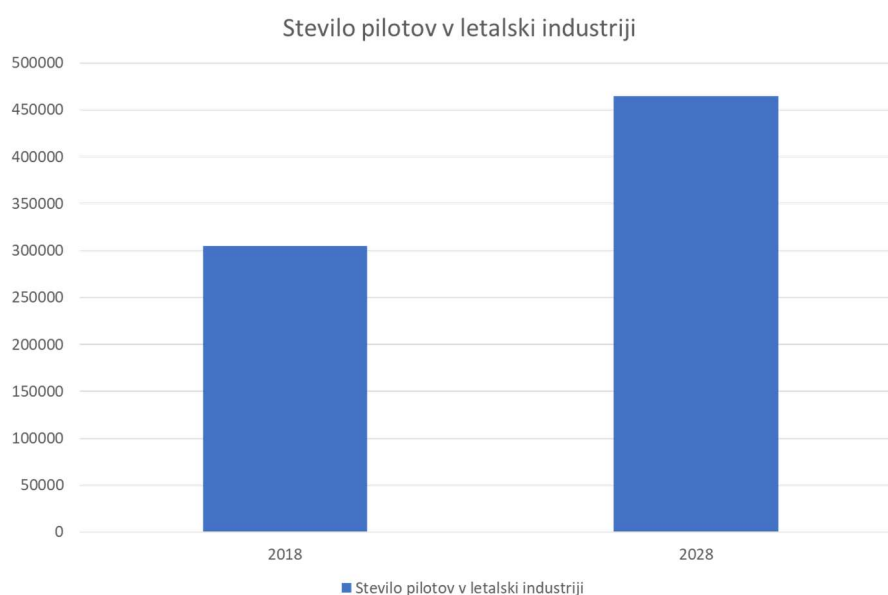
Da uporabniku tem boljše simuliramo izkušnjo, je potrebno, da so vsi potrebni deli pravilno nastavljeni in postavljeni na simulator. Imela sva tri pomembnejše dele; krmilo, pedala ter upravljalca motorja. Ker so bila pedala imela najprej postavljena vodoravno, sva jih morala prestaviti tako, da so bila postavljena pod kotom približno 35 stopinj, da pilot nima na njih nog ves čas, temveč pa le takrat, ko jih potrebuje. Upravljalca motorja je bil dobro postavljen, krmilo pa bi moralo biti bližje pilotu in ob mirovanju omogočati pilotu čisto ravno letenje, kar pa je tudi pomembno odstopanje od realne izkušnje. Sedež je prav tako moral biti približno 15cm višje kot originalno ter prav tako 15cm bližje krmilu. Pomanjkljivost pa je bila tudi ta, da je na sedežu na levi strani manjkalo naslonjalo za roko, saj piloti pilotirajo z levo roko, in zato potrebujejo oporo. Pri vsem tem sta nama pomagala izkušen pilot ter pilot, ki opravlja izpit za letalo.

### 3.4 Simulator kot marketinško sredstvo

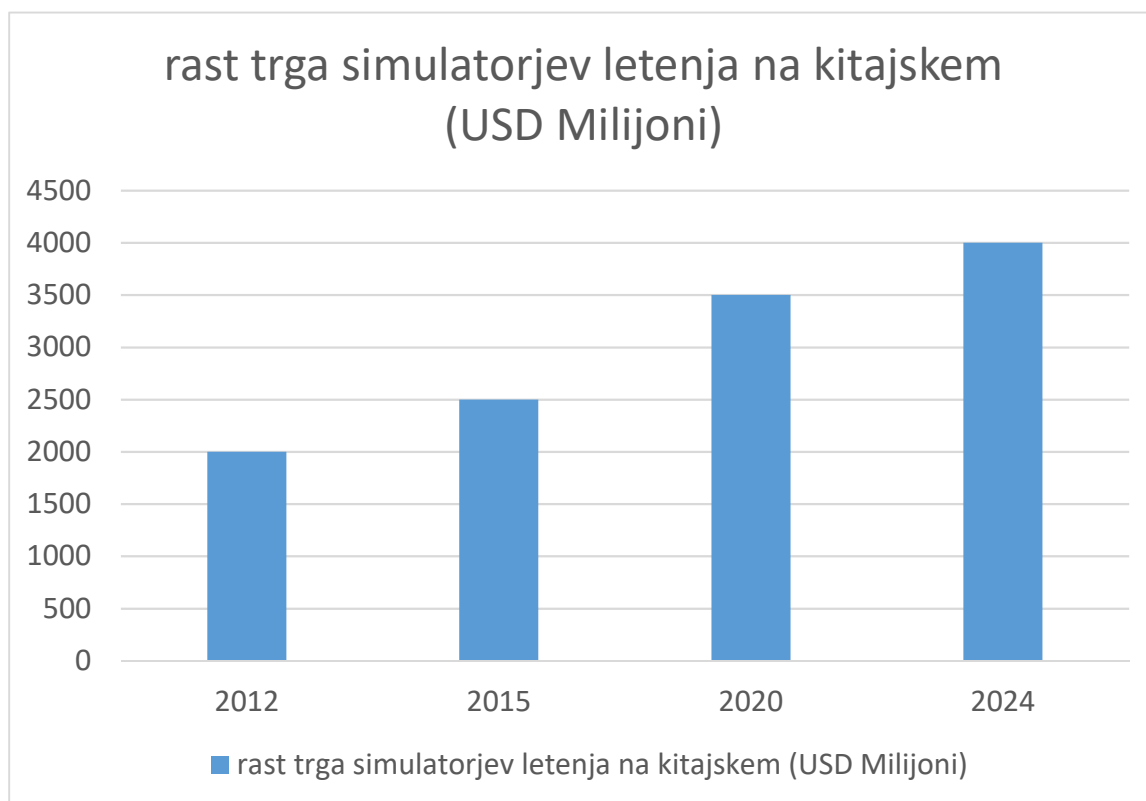
Danes so marketinška sredstva zelo pomembna, saj tako rečeno držijo korporacije »na nogah«.

Če primerjamo rast tehnologije in napredek simulacij ter simulatorjev skozi leta, bi lahko nekako kot odskočno desko markirali leto 2006, leto izida enega množično najbolj uporabnih simulatorjev- Microsoft Flight Simulator X. Od tega leta naprej pa ne raste samo napredek, ampak tudi popularnost simulatorjev letenja.

Glede na dane statistike (*vir 3*) je bil do sedaj močno viden primanjkljaj pilotov, sedaj pa se popularnost tega poklica, ali pa vsaj opravljanja izpita za letalo zopet viša. Po podatkih (*vir 3*) bi naj bilo leta 2018 na svetu 315.000 usposobljenih pilotov, do leta 2028 pa bi se naj ta številka povečala še za vsaj četrtino (predvidevanja). Za to imata nedvomno tudi zasluge napredek v tehnologiji, in posledično tudi napredek v simulaciji letenja, ki ljudi najprej navdušuje v obliki igre, nato pa tudi kot nek nov način letenja. Prav tako pa tudi vedno več mladih dobiva želje po izpitu za letalo, saj je sedaj letenje brezdvomno eno najbolj zanimivih in popularnih načinov potovanja, prav tako pa prihrani veliko časa in denarja, kar pa je v sedanjem času zelo pomembno. Vsi ti faktorji veliko prispevajo za ponovno zanimanje za letalsko industrijo, so pa vsekakor vsi posledica hitrega razvoja tehnologije, inovacij ter načinov učenja, pod katere sodijo tudi simulatorji.



Graf 1: Primerjava število pilotov v letih 2018 in 2028 (Avtor: Gaber Čuješ)



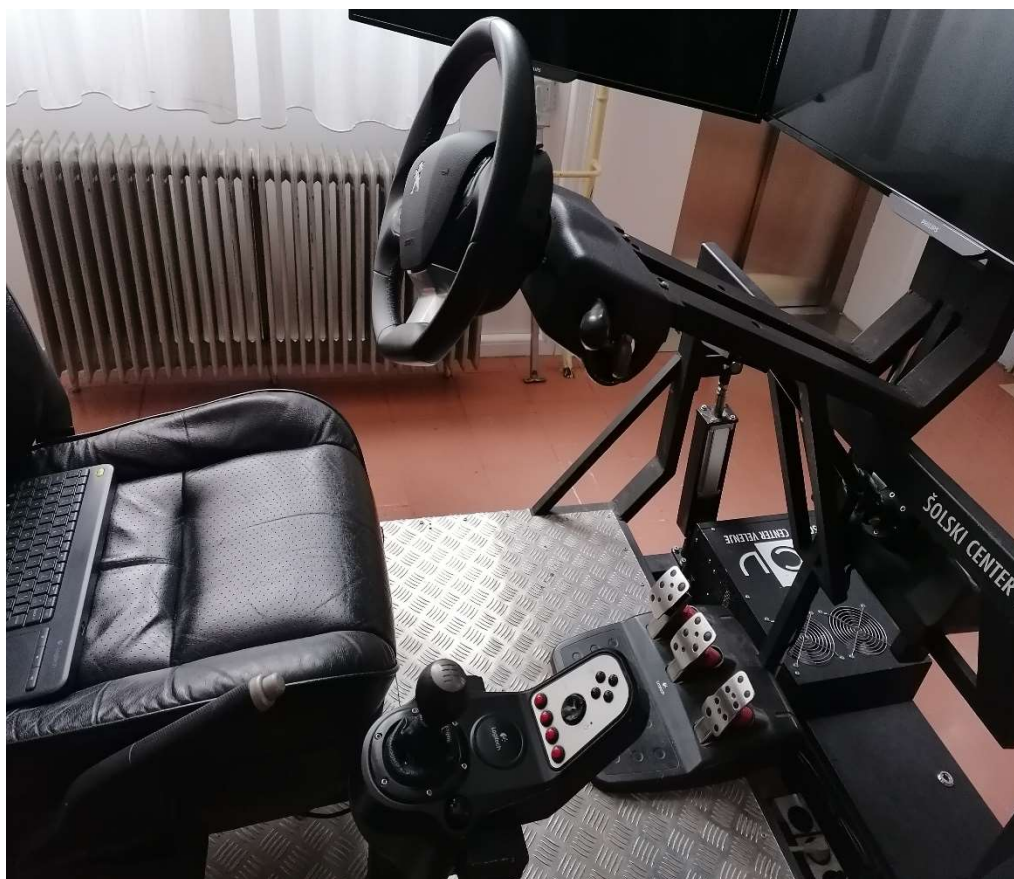
Graf 2: Rast trga simulatorjev letenja (Avtor: Laura Pečnik Budna) (vir 5)

### 3.4 Rekonstrukcija simulatorja varne vožnje v simulator letenja

Predelavo sva razdelila na 3 dele:

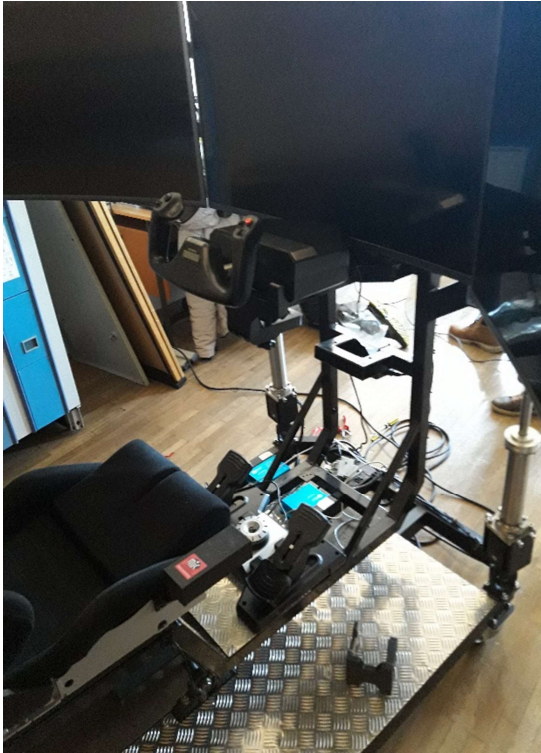
1. Odstranitev delov iz starega simulatroja (volan, menjalnik in pedala)
2. Namestitev novih delov (letalsko krmilo, pedala in ročke)
3. Prilagoditev SimTool-ov na prograsko opremo (X-Plane 11)

#### 1. Odstranitev delov iz starega simulatroja (volan, menjalnik in pedala)



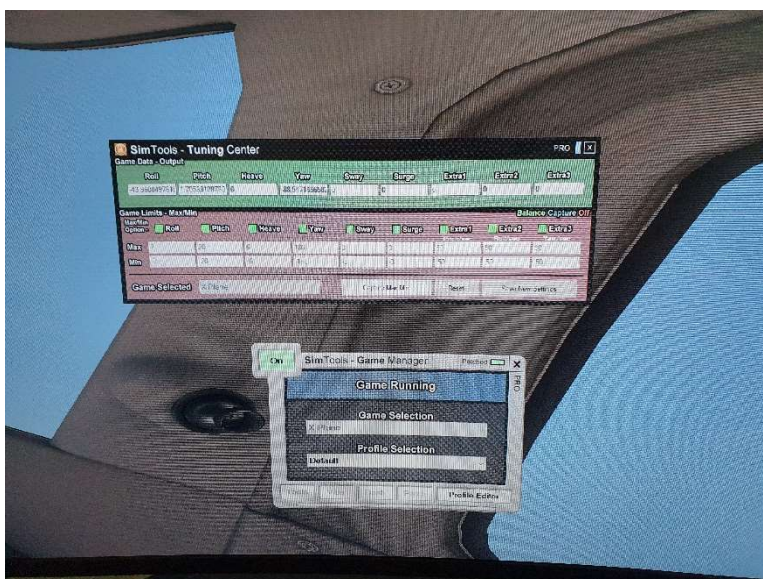
Slika 11: Simulator pred predelavo (Avtor: Laura Pečnik Budna)

2. Namestitev novih delov (letalsko krmilo, pedala in ročke)



Slika 12: Namestitev novih delov (Avtor: Gaber Čuješ)

4. Prilagoditev SimTool-ov na programsko opremo



Slika 13: Prilaganje SimTool-ov (Avtor: Laura Pečnik Budna)

### 3.5 Testiranje

Simulator sva testirala v treh delih. Najprej sva ga testirala sama, tako da sva preverila, če se da leteti z vsemi letali, in če delujejo vse funkcije in ali delujejo pravilno. Ko sva bila prepričana, da simulator in simulacija skupaj dobro delujeta, sva poklicala izurjenega pilota, ki nama je povedal, kaj na simulatorju je treba popraviti, oz. izboljšati. Na koncu sva še poklicala bodočega pilota, ki opravlja izpit, da nama pove kako še izboljšati določene podrobnosti, da bi bil simulator čim bolj podoben letalski kabini, in da bi omogočil tem bolj realno izkušnjo.

Pri testiranju sva opazovala delovanje letal v simulaciji, delovanje vseh (različnih) funkcij ter postavitev in delovanje delov.

Ko sva prilagodila simulacijo na simulator, sva najprej preizkusila vsa že naložena letala. Testirala sva najprej njihov vžig, saj je ta pri vsakem letalu drugačen, vzlet, letenje in pristanek. Da je simulacija določenega letala opravila test, je morala opraviti vse že navedene pogoje (t. j. uspešen vžig letala, vzlet, let ter pristanek brez kakršnih koli težav).

Funkcije sva testirala tako, da sva najprej izbrala simulacijo preprostega in lahko upravljajočega se letala, na katerem sva testirala vse mogoče funkcije, vsako posebej. Najprej sva testirala vreme (na letalu sva preverila simulacijo različnih vremenskih pogojev- sončno, oblačno in nevihtno vreme). Nato sva testirala, kako simulator simulira dele dneva. To sva testirala na enak način kot vreme- najprej jutro, nato popoldan in na koncu sva še testirala nočno vožnjo. Za konec sva pa testirala tudi simulacijo nesreč in letalskih napak, prav tako na enak način. Vsako napako sva testirala v posameznem letu posebej, brez da bi te vplivale druga na drugo, da sva preverila celotno simulacijo nesreče, oz. napake, in njeno posledico (odziv letala na napako)

Delovanje delov sva testirala kar skozi letenje (testiranje letal), tako da sva podrobno preverjala funkcije določenega dela in kako se simulacija letala odzove na njih. Pri pedalih sva testirala premikanje letala pred vzletu in ob pristanku ter zavore, ki sva jih testirala ob pristanku letala. Krmilo sva testirala med letom ter ob vzletu in pristanku. Testirala sva kako se simulator odzove na krmilo, ko želimo iti z letalom višje oz. nižje ter pri zavojih (levo in desno). Ročke pa sva testirala ob prižigu letala, saj se brez njih letalo ne prižge. Torej, ko se je letalo prižgalo, sva vedela, da ročke delujejo.



Po tem pa sva izvedla testiranje v 3 različnih skupinah:

Prvo sva na simulator postavila pilota, ki ima dolgoletne izkušnje z letenjem. Povedal nama je, da morava simulator še malo izboljšati, da bi ga lahko primerjali z pravim letalom. Izboljšati sva morala pozicijo pedalk, saj sva jih imela prenizko ter samo pozicijo krmila, saj je bilo le to previskoko. Simulatorju pa sva morala še dodati podlogo za roko. Sama izkušnja letenja na najinemu simulatorju pa je bila odlična.

Nato je simulator preizkusil tudi bodoci pilot, ki opravlja izpit. Povedal nam je, da je bila izkušnja na simulatorju neverjetna, in da se brezdvoma lahko primerja z letenjem v pravem letalu, saj omogoča kvalitetno letenje. Edino s čimer pa je imel težave je premikanje simulatorja, saj kot nama je povedal ni enako hitro kot pri pravem letalu.

Nazadnje pa so simulator testirali tudi neizkušeni dijaki, ki pa so imeli veliko težav predvsem pri vzletanju in pristajanju. Izkušnja na simulatorju letenja pa se jim je zdela zanimiva.



Slika 14, 15: Simulator testira izkušen pilot (Avtor: Gaber Čuješ)

### 3.6 Kako sva prišla do rezultatov?

Ob preverjanju ali je simulator primerljiv s profesionalnim sva primerjala cene profesionalnega simulatorja s stroški najinega. Prav tako sva povabila izkušenega pilota, ki je že bil na profesionalnem simulatorju, da najin simulator oceni ter nama pove kaj se razlikuje in kaj je primerljivo. Te informacije sva prav tako uporabila, da sva kasneje simulator izboljšala.

Ali je simulator letenja uporaben za učenje letenja sva preverila tako, da sva povprašala pilota, koliko se simulator približuje realni izkušnji in upravljanju, kar je pomembno za učenje. Pri učenju s simulatorjem pa moramo tudi upoštevati, da mora biti pozicija vseh delov takšna, kot v letalu, kar sva tudi upoštevala pri predelavi v simulator letenja. Glede na to, da je bil pilot tudi že na simulatorju na katerem se bodoči piloti učijo, nama je lahko natančno povedal kaj je kompetentno in kaj ni, iz česar sva lahko razbrala ali je najin simulator primeren za učenje.

Do rezultatov pri preverjanju marketinške moči simulatorja letenja sva prišla tako, da sva primerjala izid različnih simulatorjev in njihovo popularnost skozi leta s številom pilotov skozi ta ista leta.

Ali je simulator letenja enostaven za uporabo sva preverila tako, da sva povabila dijake, ki niso še nikoli imeli izkušenj z letenjem s simulatorju. Nato sva jim razložila kako se upravlja z letalom in jih opazovala kako ga upravljajo sami. Na koncu sva jih še vprašala o izkušnji.



Slika 16: Utrinek iz testiranja  
(Avtor: Laura Pečnik Budna)



## 4 Izsledki in razprava

### 4.1 Primerjava rezultatov

V tej raziskovalni nalogi sva raziskovala uporabo simulatorjev letenja, njihovo marketinško moč in ali je možno doma narediti ali pa predelati simulator v simulator letenja, tako da bo primerljiv s profesionalnim simulatorjem in bo simuliral tem bolj realno izkušnjo v ta namen, da se lahko uporabniki iz njega tudi učijo osnov letenja.

#### 4.1.1 Učenje na simulatorju

Danes se simulatorji v letalski industriji uporabljajo večinoma za usposabljanje in učenje bodočih pilotov ob opravljanju letalskega izpita. Profesionalni simulatorji so opremljeni tako, da tem bolj imitirajo letalsko kabino, občutek gibanja letala med vzletom, pristankom in letom samim, kar sva tudi skušala doseči, ko sva preverjala ali je najin simulator tudi uporaben za učenje vsaj osnov letenja. Ko prilagajamo simulator letenja za učenje moramo biti predvsem pozorni, da pravilno delujejo vse funkcije in deli, ključni za vzlet in pristonek, prav tako pa mora simulator dobro simulirati naravne, vremenske razmere. Prilagoditi sva prav tako morala razne dele na simulatorju, da so boljše imitirali zgled kabine in funkcionalnost letala. Za pomoč pri evalvaciji simulatorja (ali je primeren za učenje) nama je pomagal izkušen pilot, ki je že bil na profesionalnem simulatorju, namenjenemu za učenje, ki pa nama je povedal, da načeloma dobro imitira letenje, in da je način upravljanja primerljiv z upravljanjem pravega letala, vendar pa ima svoja odstopanja.



Slika17: Učenje na profesionalnem simulatorju

(vir:

<https://www.virtualjetcentre.co.uk/product/60-minute-flight-simulator-experience/>)

#### 4.1.2 Primerjava predelanega simulatorja s profesionalnim

Kot je že bilo povedano, se predelan simulator nekoliko razlikuje od profesionalnega simulatorja in letenja z realnim letalom, kar pa je tudi pričakovano, pa vendar sva želela preveriti točno kje in za koliko se razlikuje, pri čemer je profesionalnemu simulatorju najbolj podoben in po čemer se najbolj od njega razlikuje. Primerjavo sva razdelila na več različnih kategorij, in sicer; prikazovanje realnih okoliških razmer in okolice (vključno s kvaliteto grafike); deli (njihovo delovanje in postavitve v simulatorju); delovanje funkcij letala in pravilno reagiranje na določene situacije (npr. previsoko letenje, prehiter vzlet...) in simuliranje premikov simulatorja. Za konec pa sva še primerjala stroške predelanega simulatorja z že kupljenim simulatorjem.

#### OKOLICA

Že samo nepravilno reprezentiranje okolice in njenih lastnosti nas lahko odvrne od uporabe in popolnoma pokvari želeno realno izkušnjo s simulatorjem, in prav zato sva želela preveriti, kaj je na predelanem simulatorju dobro reprezentirano, in kaj ne. Glede na informacije obeh, izkušenega in bodočega pilota, simulator dobro pokaže okolico in njene značilnosti, saj zajema vse vremenske pojave, dele dneva ter prav tako izbrane realne lokacije letališč iz vsega sveta, kar pomeni da si lahko uporabnik sam nastavi lokacijo, del dneva ter vreme v katerem bo letel.

Lokacije so zelo dobro reprezentirane z raznimi podrobnostmi, kot so bloki, znane stavbe, naselja, gozdovi, polja, avtoceste ter prav tako promet na avtocestah (vse od avtov pa do avtobusov in tovornjakov). Kar se tiče vremena, si uporabnik nastavi tako rečeno stopnjo vremena, ki se vrednoti od popolnoma jasnega vremena, brez motenj, pa vse do najhujših neviht z vključenimi strelami.

Slika 18: Pogled iz letala  
(Avtor: Laura Pečnik Budna)



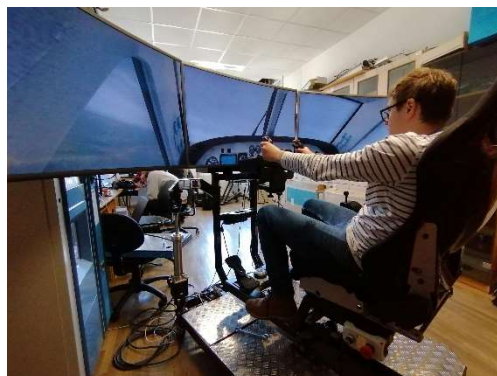
## **DELOVANJE FUNKCIJ**

Simulator simulira letenje več vrst letal. Vsako letalo ima drugačen način vžiga in pilotiranja ter lastnosti. Na primer, pri določenem letalu so različne omejitve višine in hitrosti, in ob prekoračenju te omejitve ima letalo posebno reakcijo na njo, kar pa tudi simulator uspešno simulira.

Simulator ima prav tako zmožnost simuliranja raznih napak in nesreč, pri katerih se lahko pilot nauči reagirati na njih, kar ga dobro pripravi na realno letenje. Poleg tega imajo vse funkcije možnost nastavitvev, kjer lahko določeno funkcijo ponastavimo za bolj realno izkušnjo.

Da naredi izkušnjo še bolj pristno, se simulator ob premikanju letala, premika tudi sam. Premikanje sva morala skalibrirati (preverjati ustreznost mer kakega predmeta s kalibrom) in ga prilagoditi tako, da bo složno s premikanjem letala.

Kljub temu, da je simulator letenja ciljno namenjen učenja osnov letenja, pa sva predvidevala, da bo vseeno preprost za uporabo, a temu ni bilo tako. Neizkušeni piloti imajo kljub razlagi, kako se upravlja simulator, probleme. Največ problemov se je pojavilo pri vžigu letala in pa pri vzletu ter malo manj pri samem letenju in pristajanju. Ugotovila sva, da čeprav je simulator namenjen zgolj začetnikom in grobim osnovam, je potrebno malo predznanja o upravljanju z letalom. Seveda, se po več poskusih in razlaganjih lahko pilotira, a vzame več časa kot pa na primer zgolj igra namenjena letenju, kar pa še dodatno potrdi, da je simulator primerljiv s profesionalnim.



Slika 19, 20: Primerjava kupljenega simulatorja z najinim  
(Vir prva slika: <https://www.gforcefactory.com>, avtor druge slike: Laura Pečnik Budna)

## 4.2 Že obstoječa uporaba simulatorjev v letalski industriji

Torej simulator se v letalski industriji največ uporablja za učenje ter usposabljanje mladih pilotov, prav tako pa je v manj kakovostnih variantah s strani uporabnikov uporabljen za zabavo, kar pa nas posredno tudi pripelje do tretje uporabe, ki je marketinško sredstvo.

Čeprav se mogoče na prvi pogled to zdi zelo nepomemben način uporabe, se moramo zavedati, da je varno in čim bolj realnemu dogajanju podobno učenje zelo pomembno ne le za posameznika, pač pa tudi za večje skupine ljudi, kar omogoča tudi boljše usposobljene pilote in varnejše in bolj zanesljive vožnje z letali.

## 4.3 Možne nadgradnje simulatorja

Simulator se prav tako lahko še nadgradi z virtualno resničnostjo (VR očali), ki omogočijo uporabniku še bolj razsežen pogled in bolj doživeto in realno izkušnjo. Simulator lahko prav tako nadgradimo z več zaslonskemu pogledu ter 360 stopinjsko rotacijo, ki omogoča tudi boljše in bolj natančne premike simulatorja.



Slika 21: Napredni simulator letenja  
(vir: [https://www.alibaba.com/product-detail/Dynamic-control-technology-simulator-cockpits-9d\\_60673563578.html](https://www.alibaba.com/product-detail/Dynamic-control-technology-simulator-cockpits-9d_60673563578.html))

## 5 Sklep

Iz vseh rezultatov lahko sklepamo, da je predelati simulator ekonomsko veliko bolj ugodno. Poleg tega je predelan simulator kompetenten s kupljenim tako v funkcijah kot v simulaciji. Razvoj tehnologije ter posledično razvoj simulacije je močno vplival razvoj in zanimanje za letalsko industrijo in letala, ki pa tudi na simulatorju, kaj šele v realnem življenju, zahtevajo kar nekaj znanja za upravljanje, a so velik užitek za pilota, kar bodoče pilote brezdvomno privablja.

### **Hipoteza 1: Simulator letenja je uporben za učenje letenja.**

Najin simulator letenja je primeren za učenje zgolj osnov letenja, saj se od profesionalnih simulatorjev razlikuje v malenkostih, ki pa so v letalstvu ključne. Za mnenje sva povprašala tudi pilota ki ravnokar opravlja izpit za letenje, ki nama je povedal sledeče: “Simulator je super, izkušnja je zelo podobna realni. Letalo prikaže čisto tako, kot je v realnosti in vse funkcije delujejo pravilno. Edino kar me moti je to, da ne morem avtomatsko pogledati na stranska okna, moram tako nastaviti na kontrolerju, drugače sem pa zelo navdušen.”. Zato te hipoteze ne moreva ne ovreči in ne potrditi.

### **Hipoteza 2: Doma predelan se lahko primerja z že kupljenim simulatorjem, vendar se malo razlikuje po kakovosti.**

To hipotezo lahko kar takoj potrdimo, saj se predelan simulator lahko primerja z že kupljenim, vendar pa ima nekaj ključnih odstopanj. Do te ugotovitve sva prišla tako, da nama je pilot, ki je že letel v profesionalnih simulatorjih povedal, da je simulator primerljiv z profesionalnimi in kupljenimi simulatorji sploh z vidika samega občutka letenja. Rekel je: “Simulator je kar podoben profesionalnemu in realnemu letenju, razen določenih malenkosti, kot je občutljivost pedalk in krmila, kar se da ponastaviti. Opazi se, da ni profesionalen, ampak je pa primerljiv.”.

### **Hipoteza 3: Simulator letenja je učinkovito marketinško sredstvo za letalsko industrijo.**

Glede na statistične podatke izvemo, da se število pilotov z razvijanjem tehnologije (hkrati tudi simulatorjev) viša, kar pomeni, da lahko potrdimo, da je simulator učinkovito marketinško sredstvo. Saj vedno več pilotov nabira izkušnje prav na simulatorjih. Poleg tega, da se cene letov v simulatorjih višajo, te cene ne dosegajo cen, ki jih dosega pravi polet. Na simulatorjih se da naučiti obladovati letalo v nepredvidljivih situacijah in pri tem ne nastane nematerialna škoda, prav tako pa pri simulaciji ni nobenih smrtnih žrtev. Testirala sva tudi nekaj neizkušenih testirancev, pri katerih sva preverila navdušenost nad simulatorjem in posledično tudi letenjem. Vsi testiranci so bili zelo navdušeni in so želeli poskusiti leteti celo večkrat zaporedoma.

**Hipoteza 4: Simulator letenja je preprost za uporabo.**

Glede na to, da so neizkušeni testiranci imeli težave pri upravljanju z letalom kljub razlagi in posredovanju, lahko sklepamo, da je tudi za upravljanje simulatorja letenja potrebno nekaj manjšega predznanja. Testiranci so na simulatorju imeli težave predvsem pri vzletanju in pristajanju, ki pa sta tudi ključna in najtežja dela samega letenja. To hipotezo lahko ovrževa saj simulator ni preprost za uporabo.



## 6 Zaključek

Letalska industrija je ena izmed najhitreje rastočih se industrij, ki ponuja veliko možnosti za inovacije, ki jih prinaša razvoj tehnologije. Skupaj z razvojem pa se morajo dodatno izobraževati tudi piloti, simulatorji pa so odličen način izobraževanja in navajanja na novosti v letalski industriji.

Tekom raziskovalne naloge sva povezovala področja računalništva strojništva in letalstva, da sva lahko uspešno predelala simulator varne vožnje v simulator letenja, ki ponuja čim bolj realno izkušnjo, vendar pa je še vedno prostor za izboljšanje.

Menima, da se bo na na področju letalske simulacije v prihodnje dalo še veliko razviti. S simulatorji piloti lahko brez večjih posledic poskušajo rešiti tudi navidez nerešljivih situacij in v prihodnosti bo to znanje imelo še veliko večji pomen, saj bodo s tem zagotavljali še večjo varnost in zaupljivost v letalskem prometu.



Slika 22: Končni izdelek (Avtor: Anej Nemeč)



## 7 Povzetek

Simulatorji so sedaj eden najbolj priljubljenih načinov učenja. Med najbolj popularnimi simulacijami pa so brez dvoma simulatorji letenja, ki uporabnike vedno bolj navdušujejo. Vendar pa simulatorji letenja niso uporabni le za zabavo, saj so namenjeni tudi za profesionalno rabo, s katero se želimo čim bolj približati resničnemu letenju. Za takšno rabo so se ustanovile številne divizije pod okriljem Mednarodne organizacije za virtualno letenje (IVAO). V najini raziskovalni nalogi sva raziskovala, kako in za kaj (lahko) letalska industrija uporablja simulatorje letenja, poleg tega pa sva raziskovala, ali lahko sama zgradiva simulator, ki je primerljiv s kupljenimi in profesionalnimi simulatorji letenja. Raziskovalna naloga je sestavljena iz treh delov. Najprej sva simulator zgradila, ga prilagodila za simulacijo letenja ter sproti zabeleževala stroške izdelave, da sva jih lahko kasneje primerjala z že kupljenim simulatorjem in profesionalnim simulatorjem letenja. Nato sva poklicala izkušene pilote, ki so najin simulator ocenili in preverili, ali je primerljiv s profesionalnim in ali je (in če, koliko) primeren za učenje letenja. Ko sva preverjala, ali je simulator pomembno marketinško sredstvo, sva preverjala statistike uporabe simulatorjev skozi leta ter jih primerjala s številom pilotov v vsakem času, prav tako pa sva preverila marketinško moč simulatorja, tako da sva zbrala nekaj prostovoljcev ter izvedla intervju z njimi pred uporabo simulatorja in po njej.

## 8 A summary

Simulators are ones of the most popular ways of learning. One of the most popular simulators are flying simulators that are enthralling people from all over the world. However, flight simulators are not just used for entertainment, for many years, they have been used for professional educational purposes. For this kind of purpose people have been establishing numerous diversions under the patronage of the International Virtual Aviation Organisation (IVAO). In our research paper we were researching how and for what purpose can flight simulators be used in the flight industry. Besides that, we were researching whether we can build our own flight simulator that is compatible with professional ones. The research paper is divided in three parts. First we built the simulator, then we adjusted it to flight simulation and while doing that, we were noting the amount of money being used for it, so we could compare it to the professional (already built) ones. After finishing all that, we called an experienced pilot who instructed us with further information about how to adjust the flight simulator to accomplish a more realistic experience. When we were testing the marketing power of flight simulators, we checked the statistics of flight simulator usage over the years and compared it to the number of pilots over those same years. We also gathered some volunteers and performed an interview with them before and after the experience.

## 9 Zahvala

Rada bi se zahvalila:

- Mentorjema Samotu Železniku in Urošu Remenihu za pomoč in podporo pri raziskovalni nalogi.
- Izkušenemu pilotu Jožetu Lukancu, bodočemu pilotu Urbanu Hergoldu ter ostalim testirancem za pomoč pri testiranju simulatorja.
- Profesorici Vlasti Leban za lektoriran angleški povzetek.
- Šoli, ki nama je nudila vso podporo in odlične razmere za delo.
- Vsem testirancem, ki so preizkusili simulator.
- Družini in prijateljem za podporo pri pisanju najine raziskovalne naloge.

## 10 Viri in literature

- [1]Fakulteta za elektrotehniko, ULJ. Računalniška simulacija. [https://studentski.net/gradivo/ulj\\_fel\\_el1\\_res\\_sno\\_racunalniska\\_simulacija\\_ucbenik\\_01](https://studentski.net/gradivo/ulj_fel_el1_res_sno_racunalniska_simulacija_ucbenik_01) (5. 2. 2020)
- [2]Almanah svetovne letalske industrije <http://www.destinacija.net/index.php/intervju/1028-almanah-svetovne-letalske-industrije> (9. 2. 2020)
- [3]Number of active pilots in the airline industry in 2018 and 2028 <https://www.statista.com/statistics/740147/active-pilots-airline-industry/> (9. 2. 2020)
- [4]The history of flight simulators <https://www.proflight.com/en/full-flight-simulatore/historie.php> (31. 1. 2020)
- [5]Global flight simulator market <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/the-global-flight-simulator-market> (31. 1. 2020)
- [6]Gforce factory pricelist <https://www.gforcefactory.com/buy> (10. 2. 2020)
- [7]X-plane 11 <https://www.x-plane.com/desktop/buy-it/> (10. 2. 2020)
- [8]Microsoft Flight Simulator X: steam edition [https://store.steampowered.com/app/379560/FSX\\_Steam\\_Edition\\_HD\\_Airport\\_Graphics\\_AddOn/](https://store.steampowered.com/app/379560/FSX_Steam_Edition_HD_Airport_Graphics_AddOn/) (10. 2. 2020)
- [9]Logitech Flight Simulator Gear <https://www.logitechg.com/en-us/products/flight.html> (9.2. 2020)